



Synthèse en trois dimensions : analyse et recherche de modèles de projection, inspirés des concepts développés au cours de l'histoire de l'art

Véronique Bourgoin

► To cite this version:

Véronique Bourgoin. Synthèse en trois dimensions : analyse et recherche de modèles de projection, inspirés des concepts développés au cours de l'histoire de l'art. Synthèse d'image et réalité virtuelle [cs.GR]. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, 1994. Français. NNT : 1994PA080983 . tel-00838648

HAL Id: tel-00838648

<https://theses.hal.science/tel-00838648>

Submitted on 26 Jun 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE PARIS VIII

ART ET TECHNOLOGIE DE L'IMAGE

Thèse pour obtenir le doctorat de:

ESTHETIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ARTS

Partie théorique complétée par un film et des diapositives.

SYNTHESE EN TROIS DIMENSIONS

TOME I

*Analyse et recherche de modèles de projection,
inspirés des concepts développés
au cours de l'histoire de l'Art.*

Thèse soutenue par: BOURGOIN Véronique

Directeur de recherche: Mr COUCHOT Edmond.

Rapporteurs: Mr PEROCHE Bernard
Mme DUGUET Anne-Marie.

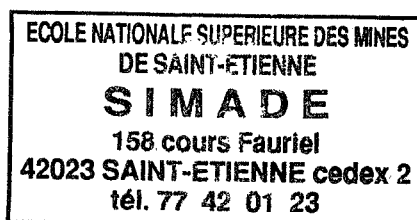
Jury: Mr BRET Michel.
Mr COUCHOT Edmond.
Mr PEROCHE Bernard.

Thèse soutenue le 14 Décembre 1994.

UNIVERSITE DE PARIS VIII
ART ET TECHNOLOGIE DE L'IMAGE

Thèse pour obtenir le doctorat de:

ESTHETIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ARTS



SYNTHESE EN TROIS DIMENSIONS

*Analyse et recherche de modèles de projection,
inspirés des concepts développés
au cours de l'histoire de l'Art.*

Thèse soutenue par: BOURGOIN Véronique

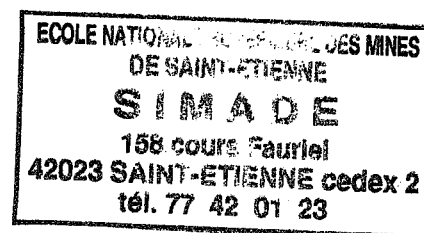
Directeur de recherche: Mr COUCHOT Edmond.

Rapporteurs: Mr PEROCHE Bernard
Mme DUGUET Anne-Marie.

Jury: Mr BRET Michel.
Mr COUCHOT Edmond.
Mr PEROCHE Bernard.

Décembre 1994.

REMERCIEMENTS.



Je remercie mon directeur de recherche, le jury et les rapporteurs qui ont permis l'éclosion et la soutenance de ce travail.

Je tiens aussi avant toute chose à remercier pour son aide à la réalisation et à la mise au point de ce travail Mr Bernard PEROCHÉ, et pour leur étroite collaboration et leur aide précieuse, Mrs Michel BEIGBEDER et Marc ROELENS, sans qui ce travail n'aurait pu se faire.

Je remercie également Mr Jean-Claude PARAYRE de la Maison de la Culture et de la Communication, ainsi que Mrs Dominique ROUVIER, Georges FLORES et Philippe CHEVALIER qui ont permis le montage du film à la Maison de la Culture et de la Communication de Saint-Etienne.

Je tiens à remercier également toutes les personnes du département Informatique Appliquée de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce travail et ont permis la réalisation du film qui présente les résultats de cette recherche.

Travail de recherches réalisé au sein du département informatique de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.



La recherche esthétique en images de synthèse regroupe plusieurs domaines de connaissances. Des horizons aussi lointains et différents que l'esthétique, issue des sciences humaines; l'informatique, issue des sciences mathématiques et des technologies; et la réalisation d'images, issue des arts. Au carrefour de ces domaines, nous allons tenter de réaliser une synthèse en trois dimensions.

Avant tout référé aux sciences humaines, ce travail sera principalement centré sur des recherches et des analyses d'ordre esthétiques et artistiques. De façon générale, nous pouvons distinguer trois groupes de recherche: l'un d'ordre historique, se plongeant dans l'histoire de l'Art et les différents modèles de représentation, un autre d'ordre esthétique recherchant les rapports que peuvent entretenir des schémas idéologiques, liés à une époque, et les modèles reconnus comme réalistes, et enfin un dernier d'ordre "technique" décrivant la nature et le

mode d'insertion des modèles de représentation issus des diverses analyses antérieures. Comme fil conducteur et lien entre ces trois groupes de recherche, se pose la question fondamentale de cette thèse: lorsqu'en synthèse d'image on parle de réalisme, de quel réalisme parle-t-on? L'image dite "réaliste" renvoie-elle à une réalité, en tant que telle, existant dans le monde de façon absolue et directement accessible à l'exclusion de tout code transcriptif, ou à un concept culturellement acquis comme réaliste et qui ne renvoie qu'à lui-même en tant que code transcriptif? Le modèle de projection utilisé pour la synthèse d'une image réaliste est-il réaliste de façon absolue puisque référé à des lois physiques et scientifiques, mais ne serait-il pas également le miroir d'une conception culturelle du réalisme s'appuyant sur une objectivité scientifique à l'exclusion de toute interprétation humaine et sensorielle?

De nombreuses perspectives ont été et sont utilisées dans le monde de la représentation. Choisir l'une d'elles reflète une certaine façon de percevoir le monde. Le réalisme du point de vue unique, semble ne répondre qu'à une convention culturelle et à une nécessité démonstratrice de la physique de la lumière. En effet, lorsqu'on regarde quelque chose, le regard *balaye* la scène avec ses *deux* yeux. Nous avons donc deux points de vue mobiles. Dans l'abstraction représentationnelle occidentale, le spectateur, en tant que corps est réduit à *un* œil, lui-même compressé en *un point*, fixe.

A la lueur de l'analyse des ces différentes perspectives, introduire en synthèse d'image ces modèles se réclamant chacun d'une certaine conception du "réalisme", permet de questionner le réalisme photographique seul présent, pour l'heure, sur les modeleurs.

Il me semble important de situer ce travail qui est au carrefour de domaines qui posent en eux-même des problématiques très importantes. Pour ce qui est des questions que pose la

perspectiva naturalis, seule la compétence d'un historien de l'art pourrait permettre d'élucider certaines questions que j'ai laissées en suspens. Dans l'étude de la *perspectiva artificialis*, il m'a semblé fondamental de baser avant tout mon étude sur le texte que l'on peut considérer comme fondateur de ce modèle de représentation, soit le texte d'Alberti: *De Pictura*. Certes, l'éclairage de ce texte par des auteurs comme Erwin Panovski ou Hubert Damisch n'a pas été ignoré. Les racines de l'intégration et de l'assimilation dans notre civilisation occidentale de la *perspectiva artificialis* comme seul modèle réaliste, sont-elles issues de la nature même de ce modèle et de sa destination originelle, ou bien sont-elles le fait d'une déviation conceptuelle d'un modèle avant tout démonstratif, qui s'est peu à peu, par son appartenance à l'objectivité scientifique, étoffé d'une valeur réaliste?

Pour la mise en application des différents modèles, je tiens à souligner l'aide précieuse qui m'a été apportée par deux informaticiens de l'équipe Image de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne: Michel Beigbeder et Marc Roelens. Sans eux ce travail n'aurait pu se faire. C'est dans une collaboration esthétique et scientifique que nous avons développé les différentes perspectives présentées dans ce travail.

La présentation plastique des résultats a été choisie sous deux formes. L'une par la réalisation d'images fixes réalisées à l'aide des différentes projections mises en œuvre, l'autre sous forme d'un film entièrement réalisé avec le modelleur CASTOR, mettant en animation les perspectives développées avec le tracé de rayon.

Dans une première partie, un panorama sur les divers axes de recherche initiaux sera brossé, permettant de cerner le cheminement qui m'a amené à poser cette problématique. Ces premiers axes de recherche pourront paraître dans un premier temps fort éloignés de la

problématique développée dans cette thèse. Néanmoins, peu à peu, au carrefour de ces directions pour le moins divergentes, la convergence des modèles de représentation va se mettre en place pour amener à la problématique soulevée ici.

Puis, pénétrant au cœur du sujet, je vais tenter de dresser une analyse des différents modèles de représentation caractéristiques que l'on peut recenser en histoire de l'Art. Cette analyse consiste en une exploration des principaux modèles essentiellement centrée sur le lien culturel que ces modèles ont entretenu avec la civilisation dans laquelle ils se sont développés. Ce lien devrait permettre d'extraire les concepts qui guident le choix et la reconnaissance d'un modèle comme réaliste. En fonction des époques et des contextes socio-culturels, nous pourrions voir les différents modèles présents qui se rapportent chacun à un réalisme singulier dicté par une conception parfois surprenante de la réalité.

L'image de synthèse va être ensuite étudiée sous l'éclairage du caractère culturel du choix esthétique de l'utilisation de la *perspectiva artificialis*. Avant tout référé aux technologies de l'audio-visuel, elles-mêmes issues du principe de la *camera obscura* (soit du point de vue unique, ponctuel et fixe), le réalisme de l'image de synthèse se pose comme un réalisme des modèles physiques intégrés sur les calculateurs. L'analogie des rendus de synthèse et des rendus photographiques est le plus sûr moyen pour contrôler le réalisme effectif des modèles. Cependant, le réalisme photographique de l'image de synthèse ne se pose pas dans une problématique esthétique. Sous l'éclairage nouveau de la question purement esthétique du réalisme de l'image de synthèse, il m'a semblé important de situer dans le cadre de la représentation et des arts visuels, ces nouvelles images.

Enfin, la mise en application de ces différentes analyses va être exposée dans une quatrième partie. La présentation des différentes perspectives implantées sur le modèleur CASTOR dans l'environnement Illumines de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne et l'exploitation voire l'exploration de ces perspectives seront les composantes principales de cette partie.

Avant d'aborder ce qui a constitué le cœur de ma recherche, il m'a semblé intéressant et important de présenter la face cachée de l'arbre des découvertes. Ces racines, enfouies dans le temps, tordues dans les tours et les détours de révélations, stoppées dans des impasses, ont finalement réussi à se retrouver sous une même dynamique pour permettre l'émergence d'une nouvelle approche de l'espace visuel cathodique.

L'historique d'une recherche me paraît toujours révélateur de la façon dont celle-ci s'est développée, et me semble pouvoir expliquer les options et les choix qui ont été faits. Il permettra aussi de voir que du marécage dans lequel j'ai démarré cette entreprise a émergé lentement une île aux bases solides, mais qui a pris corps grâce aux agglutinations de certains éléments de ce marécage.

2.1

PREMIERS PAS: « CHEMIN DE CROIX ».

Le début de cette histoire s'est fixé sur une idée. Certes, ce ne sont ni des croyances, ni des aspirations religieuses qui ont été à l'origine de cette idée. Elle a émergé d'un jeu sur trois éléments avec lesquels je jonglais.

Il m'a semblé amusant, voire incongru dans un premier temps, de mettre en relation deux mondes qui se sont si souvent affrontés, et qui s'affrontent encore: la religion et la technologie. Mettons en face ces deux éléments antinomiques et analysons la détonation...

2.1.1 Présence cathodique.

Il y avait au cœur de la pièce un téléviseur. Celui-ci avait remplacé l'âtre du foyer. Du tableau magique qu'il était à ses débuts, il était devenu un personnage familier, une présence rassurante. La lumière bleutée vacillante qui en émanait pour éclairer la pièce n'était pas sans rappeler la danse voluptueuse des flammes qui réconfortait le cœur des hommes depuis l'aube de l'humanité.

Peu à peu, le téléviseur avait pris cette place centrale dans la vie des hommes. D'objet de curiosité, il s'était transformé en compagnon fidèle, palliatif des solitudes grandissantes

générees par une société de plus en plus individualiste. Devant l'étiollement des rapports sociaux, ceux-ci se trouvaient remplacés, au fur et à mesure, par cette incrustation violente du monde extérieur dans l'intimité de chacun. L'image lumière, immatérielle et évanescence, servait d'éclairage et s'incarnait peu à peu en une compagne physique et auditive. Les hommes avaient du mal à se détacher de ce compagnon de plus en plus accaparant.

La curiosité de la technologie de l'outil s'était effacée au profit de son évidence, de sa nécessité. La violence des images projetées à l'intérieur de chaque chaumière, et leur fidélité analogique à la réalité, avaient progressivement transformé cette lucarne sur le monde en révélateur indiscutable des événements de l'humanité. Prélèvement optique du visage du monde, tirant ses formes de la nature, l'image télévisuelle rapportait de façon évidente le passé au présent; elle était devenue le témoin d'une histoire.

Mais l'image qui donnait «vie» à cette pièce, n'était pas seulement ce témoin fidèle, comme pouvait l'être la photographie; peu à peu, s'étaient immiscés dans ses neurones les embryons d'une image mutante. De même nature, faite de lumière et de balayage, elle était d'essence toute autre. Elle ne provenait plus d'un prélèvement du visage du passé, mais de «générations spontanées», issues de l'esprit de l'homme. L'immatérialité de cette image, sa nature technologique l'avaient prédestinée à des manipulations; issue d'un bombardement de faisceaux d'électrons sur des couches lumineuses rouge, verte, bleue, la maîtrise de ces éléments entraînait des transformations multiples et diverses.

La curiosité de l'écran, capable de mêler, de mélanger, de juxtaposer, d'imbriquer des couleurs et des formes issues de deux mondes aussi étrangers que le passé et le langage¹,

¹ Le passé se réfère à la vidéo, prélèvement d'un réel ayant existé, et le langage se réfère aux codes informatiques générant les images de synthèse.

m'intriguait au plus haut point. Comment ces images se mêlaient-elles ? De quelle essence pouvait être cette fusion étrange entre le témoin d'une histoire et une concrétisation visuelle de l'imagination; l'imaginaire numérique. Quelle était la nature d'une image analogique pliée, découpée, tournée, déplacée, déformée par une intervention numérique? Comment ces images s'articulent-elles? Quelles sont les dimensions physiques, esthétiques, spirituelles de ces images? A quelles références picturales s'apparentent-elles?

Au carrefour de toutes ces questions, une hypothèse s'est peu à peu posée. A la source de cette hypothèse, trois natures d'images : l'image analogique, témoin superficiel du monde environnant, l'image numérique en deux dimensions, agencement de surfaces juxtaposées les unes à côté des autres, et l'image de synthèse en trois dimensions, espace virtuel projeté sur la surface plane de l'écran. La coexistence, voire la cohabitation trompeuse de ces trois sortes d'images entraînait forcément une nouvelle identité de l'unité de l'image télévisuelle. La question soulevée restait celle de la nature et de l'essence de cette nouvelle image, synthèse et symbiose d'images différentes.

2.1.2 Trinité cathodique.

Mélange de diverses dimensions, la dimension du passé et d'une image sans histoire; la troisième dimension et la bidimensionnalité de l'écran, parfois assumée et affichée comme telle; croisement de notions étrangères et qui pourtant ne forment qu'un. Tous ces éléments qui sont et ne sont pas, qui ne font plus qu'un tout en étant trois, m'ont menée vers une notion de trinité cathodique.

L'idée de trinité cathodique se trouvait dans un premier temps renforcée par le remplacement de l'âtre de la demeure par le téléviseur. L'image lumière émanant de la lucarne télévisuelle avait pris la place du feu, à tel point que l'on peut prendre comme exemple ce fabriquant qui, pour diffuser la vente de cheminées, n'a pas hésité à comparer dans ses arguments publicitaires le feu de la cheminée à la 7^{ème} chaîne. Le feu est devenu télévision.

Le feu constitue la première conquête de l'homme sur la nature, l'une des premières expressions de son intelligence. Du jour où les hommes ont réussi à maîtriser le feu, d'abord le maintenir, l'entretenir pour se protéger des prédateurs, puis le faire jaillir de nulle part, dans un premier temps à l'aide de bois frottés, puis par le choc d'un silex avec de la pyrite de fer, le feu, protecteur de l'espèce humaine a acquis une valeur sacrée. Première mainmise de l'homme sur l'un des quatre éléments. Les vertus réconfortantes et rassurantes de la chaleur et de la lumière étaient à double visage avec l'horreur de la brûlure. On retrouve plus tard l'idée de feu sacré entretenu par les prêtresses de Vesta, divinité romaine, gardienne du feu du foyer domestique. Mais dans de nombreuses religions monothéistes, le feu est rapidement devenu symbole de l'enfer et du diable, mêlant séduction et horreur. Le côté théologique lié à la sacralité du feu, a renforcé peu à peu mon hypothèse de départ ; basée sur le remplacement dans notre civilisation moderne du feu par l'image télévisuelle. N'y aurait-il pas quelque part un transfert de la sacralité du feu vers une sacralité de l'image ?

Dans la mise en demeure que j'ai effectuée, j'ai tenté de rechercher les implications et les liens qui existent entre le schème représentationnel et l'idée théologique. Loin de se vouloir proche de toute dimension religieuse (ce n'est pas là mon propos), j'ai voulu étudier dans un premier temps le rapport qui pourrait exister entre les différentes essences d'images, présentes à l'écran, et que j'escomptais manipuler ensemble. La manipulation de celles-ci impliquait

forcément une connaissance sur la nature et l'essence de chacune, mais bien sûr et surtout l'analyse de leurs rapports.

2.1.3 Système trinitaire.

Pour parler de trinité cathodique, il me semble nécessaire de définir le principe trinitaire. Il existe trois courants, se rejoignant tous sur cette idée de base : être et ne pas être en même temps².

Le Père n'est ni le fils ni l'Esprit Saint, mais il est Dieu. Le Fils n'est ni le Père ni l'Esprit Saint, mais il est Dieu. L'Esprit Saint n'est ni le Fils ni le Père, mais il est Dieu.

Les différences entre les trois courants essentiels se situent au niveau des rapports entre les trois éléments constituant la base de la trinité.

Dans le courant grec, on peut déceler une certaine hiérarchie entre les trois éléments; au niveau supérieur le Père, puis au niveau inférieur, le Fils et l'Esprit Saint, issus du Père de façon différente. Nous avons une sorte de pyramide d'éléments consubstantiels, c'est-à-dire de même essence, qui constituent une seule entité: Dieu. Le courant latin se distingue quant à lui par une relation circulaire, avec une fonction attribuée à chacun des éléments. La dynamique des relations entre ces trois éléments crée une unité: Dieu. Etre et ne pas être. Le trois en un ; l'un en trois.

² Sur les différents principes trinitaires, voir *Trinité et société* de Léonardo Boff, Ed.CERF,1990.

La conception moderne de la trinité, dans la nature des rapports, s'apparenterait beaucoup plus à la notion que je souhaiterais développer dans le rapport entre les différentes sortes d'images. Partant de la trinité des personnes : le Père, le Fils, et le Saint-Esprit, les rapports entre les personnages sont basés sur l'idée de périchorèse. L'un est dans l'autre, par l'autre, avec l'autre et pour l'autre.

La périchorèse, en théologie, est un mystère non élucidé, étudié par de nombreux chercheurs. Ce n'est certes pas dans cette idée théologique et complexe que j'ai envisagé de transposer l'idée de trinité. Elle pourrait s'énoncer de la façon suivante: chaque élément de la trinité cathodique que j'ai ébauché serait l'un dans l'autre; pour exemple, une image vidéo serait *dans* une image informatique, soit par des transpositions techniques, soit par des inclusions lors d'un montage, et vice-versa, avec tous les traitements, manipulations et transferts possibles (même système de pénétration entre l'image 2D (Deux Dimensions) et 3D (Trois Dimensions)). Par ailleurs, ces images auraient, dans leur combinatoire plastique, esthétique, un besoin indispensable de l'autre. L'image trinitaire issue de ce système serait une image dont l'équilibre ne peut se passer de l'un de ces éléments. Ainsi, chaque partie serait par l'autre, avec l'autre et pour l'autre. Quant à la fusion, l'image globale, somme de toutes ces interactions et relations, elle constituerait l'entité de symbiose; une image qui brise les barrières des différences, au niveau des générations mais aussi au niveau de la construction.

N'y aurait-il pas, dans le mélange des images numériques, 2D (Deux Dimensions), 3D (Trois Dimensions), vidéo, des rapports de ce type: complexité de l'imbrication, des façonnages, manipulations, transformations, dérivations ?

L'idée essentielle sur laquelle je voudrais baser mon propos est celle d'une communion, de la fusion de trois éléments que je voudrais démontrer distincts. C'est donc en prenant deux à deux chacun des éléments et en les confrontant que je pourrai étayer dans un premier temps mon hypothèse.

L'argument de départ était le suivant :

-la vidéo n'est ni l'image de synthèse 3D ni l'image infographique 2D, mais elle est image cathodique;

-l'image de synthèse 3D n'est ni la vidéo ni l'image infographique 2D, mais elle est image cathodique;

-l'image infographique 2D n'est ni l'image de synthèse 3D ni la vidéo, mais elle est image cathodique;

Nous retrouvons ici le principe trinitaire énoncé initialement; être et ne pas être en même temps. Toutes trois se projettent au sein d'une même machine : un écran à tube cathodique dont les différentes couches bombardées d'électrons produisent un scintillement multicolore. Ce scintillement s'ordonne selon l'information transmise au faisceau d'électrons qui, projetés par balayage sur une couche à trois composantes lumineuses avec plus ou moins d'intensité, laissent paraître telle ou telle couleur³. De là naît une image visible.

³ *Principe de génération d'une image vidéo.*

Toute image vidéo est composée de l'entrelacement de deux trames: l'une paire, l'autre impaire. Chaque trame dure 1/50 de seconde et comporte un nombre entier de lignes plus une demi-ligne. Il en résulte une image qui comporte un nombre impair de lignes. Dans les systèmes PAL et SECAM, on peut compter 625 lignes sauf en Grande-Bretagne où il n'y en a que 405; dans le système NTSC utilisé aux USA, il y a 525 lignes. Chaque image composée de deux trames de 1/50 de seconde dure 1/25 de seconde.

Tube-image trichrome.

Le tube cathodique comporte un écran formé d'une mosaïque de pastilles luminophores (produit qui transforme l'impact électronique en couleur). Il y a trois sortes de luminophores: rouge, vert, bleu. Ceux-ci sont

Partant d'une analyse sur la nature et l'essence de chacune de ces images, je tenterai de voir en quoi chacune est à la fois unique et originale, tout en étant semblable et identique à l'autre.

2.1.4 Déréalisation de l'instant.

La vidéo prélève de façon rétinienne l'apparence des choses, sans ne devoir rien comprendre à leur structure interne ni à leur essence même. La caméra vidéo constituerait une sorte d'œil, d'organe superficiel, au sens où il ne lit que la surface des choses; un cyclope mécanique dont la mémoire s'inscrirait sur une bande magnétique. L'image vidéo provient, comme l'image photographique, d'une impression magnétique de la lumière et des couleurs issues de la matière.

Elle appartient à une histoire; l'histoire de la rencontre unique et ponctuelle d'un éclairage avec une scène devant un œil-mémoire : la caméra. Ce moment furtif et accidentel, mémorisé au sein de la bande magnétique se trouve ensuite dématérialisé. Il va, par les circuits de la technologie et la restitution, devenir immatériel, évanescent. Image générée à partir d'ondes, de voltages, de vibrations; image constituée de balayage, de synchronisation, de rythme, de vitesse, de lumière ... Image inaccessible, impalpable. Image prisonnière de son aquarium cathodique; image éphémère. Elle atteint peu à peu le statut divin du vitrail dont l'image n'existe que par la magie du soleil. L'image vidéo ne s'éveille que par le mystère des

groupés en triades (groupes de pastilles de couleurs différentes) qui reçoivent chacune les électrons issus de trois canons électroniques. Chaque canon a une couleur de luminophores spécifique. La sélection est faite par la perforation d'un masque placé derrière l'écran, à raison d'une perforation par triade (ensemble de trois luminophores de couleur différente). Après excitation par les électrons des sels contenus dans les luminophores, on obtient la couleur du chromatome.

ondes et des transpositions magnétiques d'une analyse optique. L'image issue de la vitesse de l'impact des électrons devient énergie.

La lumière et la couleur décomposées en données électroniques se trouvent alors vulnérables. Victimes potentielles de toutes les perversions que l'électronique peut permettre. Il n'y a plus de matière. Plus que des ondes, de la lumière et des informations magnétiques... Le miroir du passé est happé dans l'abîme sans fond des déconstructions électroniques. L'image vidéo : transposition cathodique des impressions lumineuses du concret. Elle est à la photographie ce que la musique électro-acoustique est à la musique instrumentale : une «catastrophe» technologique. Bouleversement; la maîtrise de l'outil ne passe plus par la manipulation au sens concret, l'intervention manuelle sur la matière, la touche, le timbre ou le vibrato de l'instrument; l'image devient diodes, tube cathodique, résistances et oscillateurs; le son devient vibration mécanique commandée par des potentiomètres. Le matériau est nouveau.

Il n'y a plus de rapport concret et physique (au sens tactile) avec l'image. Le photographe, une fois qu'il a impressionné son négatif, va se rendre dans une chambre noire, développer ce dernier, puis, à l'aide de l'agrandisseur, faire naître sur le papier l'image mémorisée. Il va pouvoir, à l'aide de réglages sur la durée d'impression des différents filtres, définir selon ses désirs la valeur des contrastes, jouer sur les zones de l'image, insister sur telle autre, dans la volonté de la faire ressortir.

La vidéo anihile toute cette phase laboratoire, qui attache encore la photographie au domaine des arts picturaux. L'image saisie dans l'immédiat peut être restituée dans l'immédiat. Il n'y a plus le temps du développement et de la manipulation. L'image est

“tout-de-suite-et-maintenant”. Elle est enregistrement électro-magnétique sur une bande. Elle est magnétisation de particules. L'image n'est plus matière; elle est décomposée, déstructurée dans un champ de particules électro-magnétiques.

Comme le médecin ou le biologiste qui a prélevé dans le monde organique des échantillons pour les analyser de manière de plus en plus précise; découvrir dans la décomposition de l'élément vers l'infiniment petit la généalogie constructive de la nature; l'image vidéo se trouve en symbiose avec ce mouvement de plus en plus abstractionniste de l'esprit humain.

2.1.5 Du réalisme à la modernité.

Des représentations symbolistes, liées à des croyances culturelles ou théologiques, la peinture a subi au Quattrocento une première rupture fondamentale : l'abstraction mathématique de la représentation. Brunelleschi, avec le système de la boîte à images, théorisé et mis en forme plus tard par Alberti en 1435, a introduit une nouvelle conceptualisation de la représentation, qui va conduire peu à peu à une recherche de plus en plus “scientifique” du réalisme.

La rupture fondamentale, dans l'histoire de l'Art qu'a apporté le Quattrocento et la mise en place de la perspective se situe au niveau de la domination de l'homme sur la nature. Il a réussi, du moins lui semble-t-il, à percer les lois qui régissent les proportions des éléments de la nature entre eux, selon leur position dans l'espace.

Ce mode de représentation fut reconnu comme idéal et absolu, et ce jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Ce système permettait tous les thèmes et variations possibles sur un canevas parfaitement assimilé, des peintres les plus médiocres aux plus grands. Les grands maîtres, tel Michel-Ange, savaient redonner avec *mæstria* et avec la subtilité de l'esquisse, le galbe, la structure osseuse et musculaire de leurs personnages. Cependant les règles de la peinture et de la représentation qui régissaient la répartition des personnages dans l'espace, les gestes et les mouvements du corps devant refléter ceux de l'âme, afin que le tableau raconte une histoire, vont orienter le public vers l'assimilation de la qualité d'un tableau avec la qualité du sujet raconté. Du moment que le tableau répond aux "règles", il est bon.

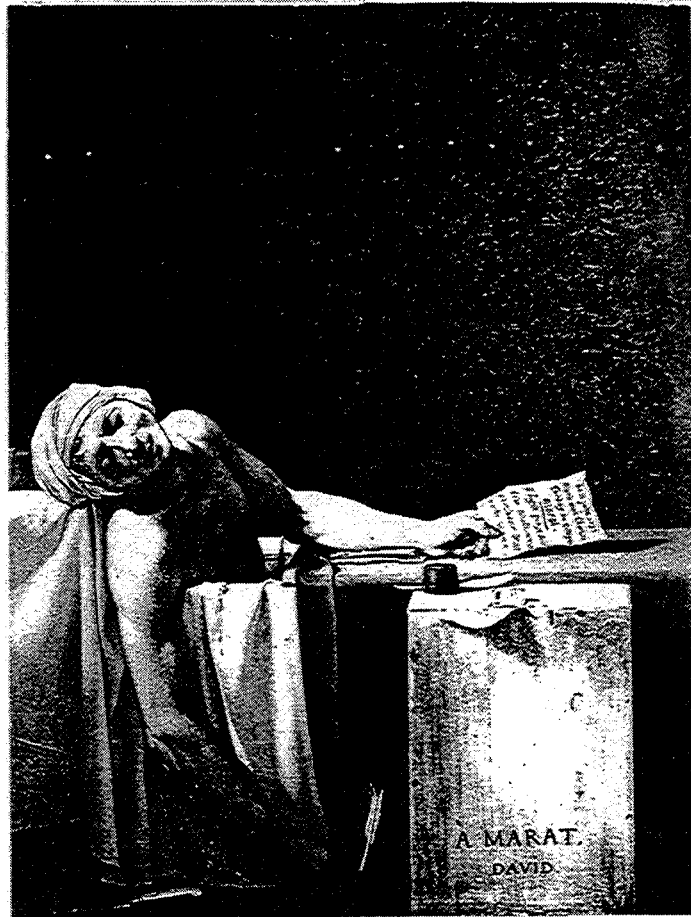


Figure 1
Marat assassiné, par Louis David (1793),
Bruxelles, Musées Royaux des Beaux-Arts.

Le réalisme «sculptural» de la peinture italienne des XV^e et XVI^e Siècles, va peu à peu se déplacer vers un réalisme "émotionnel", celui du baroque, laissant transpirer dans chacun

des personnages représentés l'expression des sentiments, des volontés et des idées. Puis vient le réalisme «évènementiel», cru et violent du Néoclassicisme, comme le montre Louis David dans son tableau *Marat assassiné* [fig.1] en 1793. Le politicien est saisi dans son dernier instant, le flanc transpercé imprégnant de ses coulées sanglantes le drap de bain plié sur le bord de la baignoire. Le caractère brutal de l'instant est rendu par la sensation d'inachevé. La plume et le papier auxquels s'accroche encore Marat se sont séparés lors du dernier instant. Ce corps mort ne peut plus lier ce qui fut sa raison de vivre. Une page de l'histoire est tournée. La mort est saisie dans sa soudaineté. La peinture prend une fonction historique, elle relate les épisodes importants de l'histoire pour imprégner les murs de l'évolution d'un peuple. Puis au début du XIX^e siècle, le Romantisme va recentrer la recherche réaliste vers la nature, la représentation de la quintessence des arbres et des paysages, une interprétation de plus en plus approfondie de l'âme à travers les corps, de l'expression de la vie à travers la nature

Au cours du XIX^e siècle, au moment où la peinture, avec l'école de Barbizon, s'oriente vers un réalisme de plus en plus exigeant, les images prennent une tournure quasi photographique, comme dans *Le marais dans les Landes* de Théodore Rousseau en 1844 [fig.2]. Le reflet des vaches s'abreuvant au milieu des plantes des marais, vient troubler l'image d'un oiseau planté là. Les arbres finement cisellés sur un ciel uni semblent frissonner. Pendant quatre siècles, la peinture a aspiré à exister hors de sa matière, de sa qualité tactile et picturale. Elle se voulait reflet d'une réalité visuelle où toute déformation humaine, gestuelle ou du regard, soit réduite au minimum. Les techniques de glacis et de peinture lissée en sont les témoins. Cette tendance qui parvenait à son achèvement au milieu du XIX^e siècle dans un classicisme et un académisme de plus en plus lourds à supporter, a été foudroyée par l'apparition de la photographie. La photographie, de façon technique et scientifique rendait à la perfection ce réalisme tellement recherché, si laborieusement construit. Elle devenait

l'ennemi de la peinture, qui ne voulait voir en elle qu'un outil purement fonctionnel. Des espoirs scientifiques se sont fondés sur elle; dans les enquêtes policières, on se figurait qu'en photographiant les yeux des victimes, on pourrait découvrir dans ce dernier regard le portrait de l'assassin dont l'empreinte serait irrémédiablement gravée dans la pupille du mort.

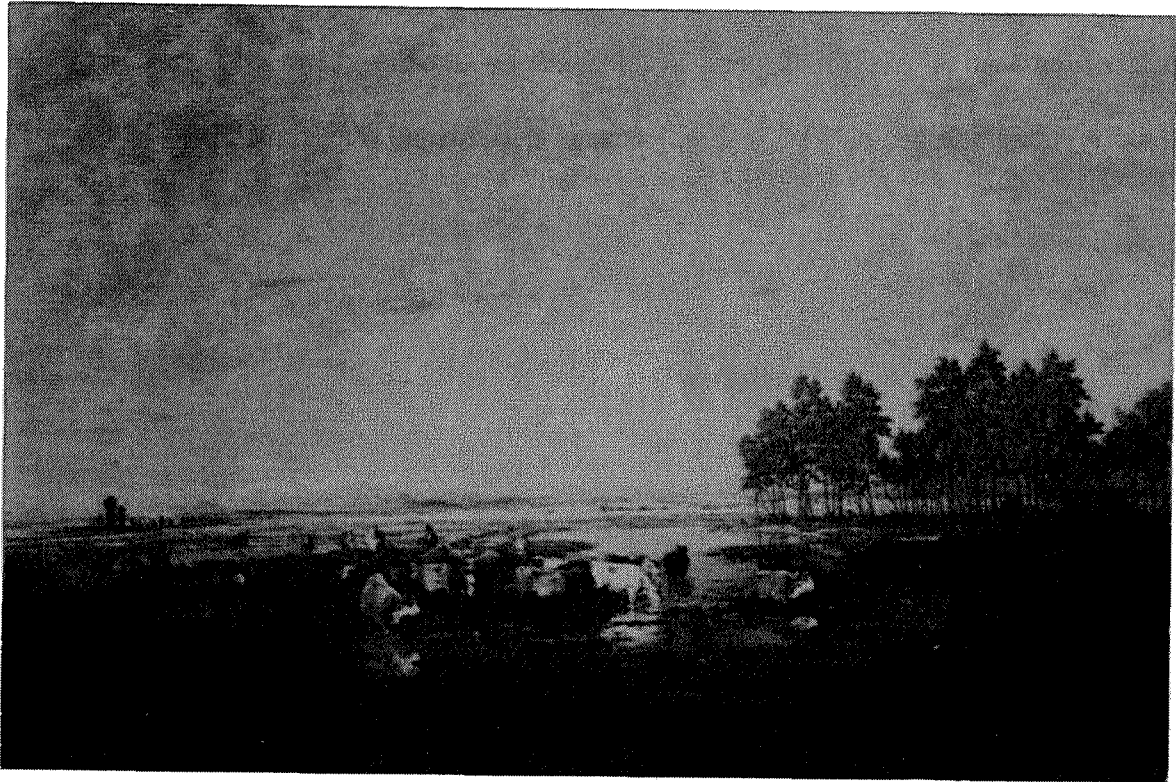


Figure 2
Le marais dans les landes, par Théodore Rousseau (1844),
Paris, Musée du Louvres.

Par rapport à la peinture, la photographie portait en elle l'authenticité de l'événement qu'elle rapportait. Elle ne permettait pas, comme la peinture, d'estomper l'altération de la peau des modèles, ou quelque coquetterie d'un effet "déplaisant" pour le regard. La peinture de portrait, et surtout la peinture italienne, effaçait de la physionomie les aspérités inesthétiques. La rhétorique avait pris une place très importante. Néanmoins, la photographie pouvait être sujette à manipulations, comme le démontrait pour la toute première fois le suédois Oscar G. Rejlander, qui se servit de plusieurs négatifs pour composer son œuvre

"Allégorie de la vie" en 1857 [fig.3]. Cette œuvre s'inscrit dans la dynamique artistique du moment où les regards se tournaient du côté de l'antiquité et des mythes. L'aspiration mythologique et gréco-romaine reprise ici par Oscar J. Rejlander paraît relativement désuète et tragicomique. Les corps imbriqués les uns dans les autres selon une composition très classique ne semblent pas appartenir à la photographie, liée à une réalité de l'instant. Cette orientation emphatique fut rapidement abandonnée. Le montage photographique esquissait déjà d'une certaine façon le collage, voire le collage électronique et l'incrustation.



Figure 3
Allégorie de la vie, (The Two Ways of life) par Oscar G. Rejlander (1857),
Montage photographique.

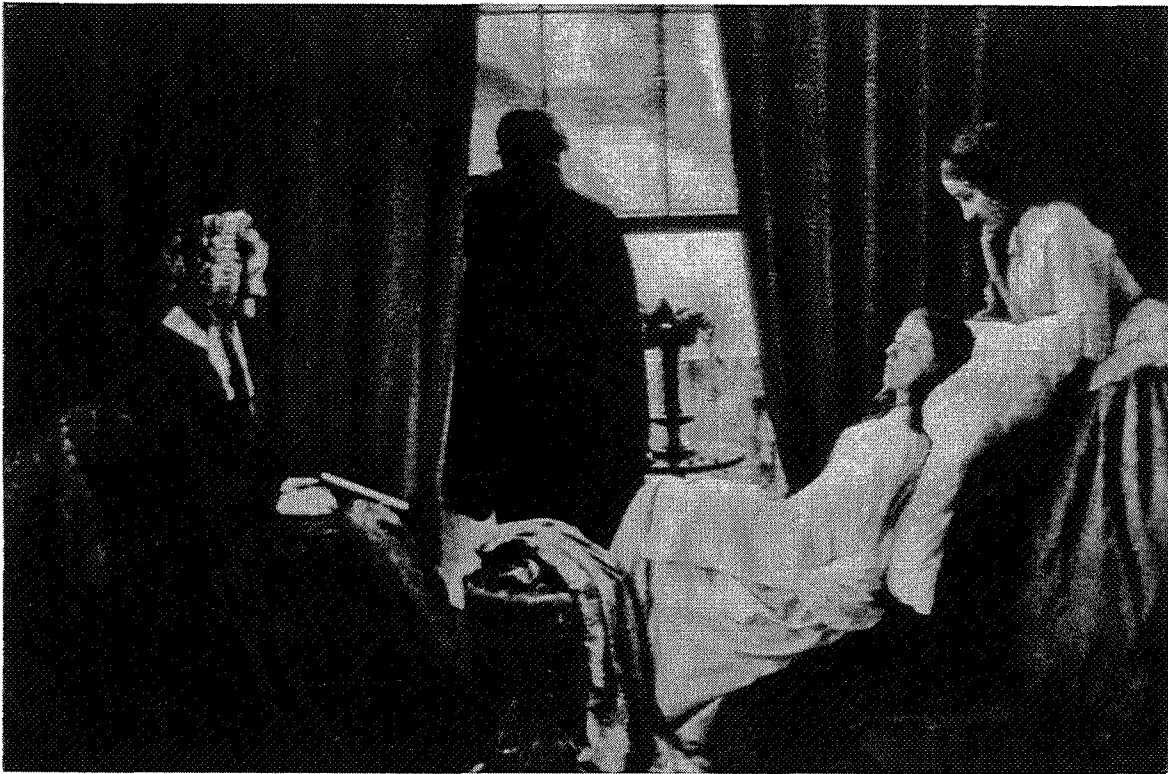


Figure 4
Fading away, par Henry Peach Robinson (1858).

Cependant, l'authenticité que porte en elle la photographie condamnait les scènes de la vie relevant d'instantanés emplis de vives émotions, comme cette photographie de Henry Peach Robinson, qui en 1858, présentait dans "*Fading away*" une jeune fille mourante entourée de ses parents désespérés [fig.4]. La photographie portait en elle cette impudeur et cette grossièreté que rarement la peinture atteignait. Les nus étaient censurés, ne semblant pas «convenables».

2.1.6 Art et technologie : retrouvailles.

Cet intrus technologique dans le monde préservé des arts, toujours lointain et méfiant quant aux progrès de la technique, a entraîné une remise en cause de la peinture. Le réalisme

de la peinture est-il dans cette recherche virtuose et superficielle de la représentation du coucou ou de la feuille de chêne? Est-ce que la vibration de la lumière se trouve dans cet aplat nuancé de rouge que reflète le coquelicot? Ne s'est-on jamais demandé ce que pouvait être la lumière?

La première image fixée par la "seule influence de la lumière" sur une surface enduite d'une substance "chimique", et fixée de manière exacte a été nommée dans un premier temps par son inventeur Nicéphore Niepce en 1826 l'*Héliographie*, écriture par le soleil (en grec)! Parallèlement, en Angleterre, William Henry Fox Talbot faisait semblable découverte. Daguerre, peintre parisien et décorateur de théâtre s'intéressait de très près à la découverte de Niepce. En collaboration, ils vont développer et affiner la technique. Daguerre, après la mort de Niepce continuera seul ses recherches qui aboutiront à des résultats que supplantera Talbot avec son *calotype*.

Il est intéressant de noter les origines de chacun de ces pères de la photographie: l'un était inventeur, Nicéphore Niepce, l'autre peintre médiocre et plutôt technicien de décors, Louis Jacques Mandé Daguerre, et William Henry Fox Talbot un savant féru de sciences exactes et naturelles, d'histoire antique, d'archéologie, de linguistique et de Beaux-Arts.

La photographie donnait à nouveau naissance à cette dynamique et stimulation réciproque des domaines de la connaissance. Comme au XV^e siècle, où chaque acteur important du Quattrocento était à la fois ingénieur, technicien, sculpteur, et architecte comme Brunelleschi. Mais cette fusion des connaissances s'était peu à peu scindée entre le monde artistique et le monde scientifique. Et au début du XIX^e siècle ceux-ci étaient fort éloignés.

La technologie a mis un pied dans l'univers fermé de l'art pictural. Le monde des peintres s'en était jusqu'alors éloigné. La remise en question du réalisme engendrée par ce rival implacable a tourné le peintre vers le monde scientifique. Ne pourrait-il pas apporter une solution, aussi impraticable picturalement semblerait-elle, au questionnement de la lumière? S'appuyant sur les théories de Chevreul sur la décomposition de la lumière en éléments primaires, la notion de particules infiniment petites se mêlant les unes aux autres pour créer ce que le peintre traite en nuances plates aux contours définis et définitifs, les Impressionnistes se mêlent à la vague déferlante de l'infiniment petit. La particule première : l'atome.

Le monde technologique et artistique deviennent alors mouvance; les choses s'accélèrent, bougent ; ayant réussi à fixer de façon stable et durable la fraction de seconde "s" sur l'éternité, un nouveau challenge sur la maîtrise et la possession du temps va se développer.

2.1.7 Représentation : la destruction de la matière.

La quête de plus en plus pressante de la possession de l'image du monde ; la recherche de plus en plus obsédante de la capture de l'instant ; la thésaurisation de plus en plus envahissante de l'éphémère ; cette aspiration égocentrique de la domination du temps a entraîné de façon contradictoire la perte de l'essence. Par exemple, la table en tant qu'objet, répond à la conjugaison des sens : la vue (son allure), le toucher (son matériau, chaud, froid), son odeur (l'essence du bois...). La combinaison des sens renvoie du concept au concret, de l'idée à l'objet. Il en va de même pour la représentation.

La peinture a effectué un premier pas vers la conceptualisation en re-présentant dans l'espace du tableau le concept de l'objet. Certes, le toucher, l'odorat, le goûter, le son sont absents du tableau; mais la peinture est matière. C'est la transposition de la matière concrète dans la matière picturale. La peinture est l'intégration et la restitution de l'ensemble des impressions sensorielles par l'intermédiaire d'un sens: la vue, conjugée à un outil intimement interprétatif, la main à travers le geste.

Dans la vidéo, il n'y a plus de matière. Comme une peau de chagrin les sens se sont peu à peu évanouis au profit d'une prothèse évanescence de la représentation. Plus l'on croit s'approcher de la réalité, plus la réalité vous échappe. Elle se trouve sur ce point d'horizon que Brunelleschi a matérialisé et qui pourtant ne sera jamais accessible. Courir après le réel c'est comme vouloir toucher l'horizon. Le temps constitue une fuite en avant, la fuite vers l'infini. L'image vidéo n'existe que par le temps, le temps du balayage de l'écran pour la faire paraître. Elle constitue une perpétuelle agitation, une perpétuelle perturbation. Elle est entièrement engloutie dans la modernité de la vitesse et de l'infiniment petit. Paradoxalement, cette anguille qui se faufile entre les mailles du filet du chasseur de temps, désireux de l'épingler à son tableau de chasse comme un papillon, n'existe que par la conjugaison des instants passés et de l'instant présent.

2.1.8 Vidéo : le passé au présent.

Son immédiateté et son existence au présent permettent une transposition du temps. Le passé devient présent. Sur ce point, l'image vidéo se sépare de la photographie. L'image photographique, et même le cinéma, sont les témoins d'un passé qui portent eux-mêmes la

marque du temps. Le papier jaunit, les couleurs du film s'estompent, le temps marque de façon irrémédiable le support matériel. Sur la vidéo, le temps n'a pas de prises de la sorte. L'image pour exister a besoin de l'écran, de l'immédiateté du balayage. Elle n'est plus dépendante de ce support matériel vulnérable aux éléments extérieurs. Elle est ici et maintenant. Elle est magnétisme; constance physique.

L'image vidéo est une périchorèse du temps; c'est une interpénétration, un entrelacement du temps avec un autre, du passé avec le présent. C'est également une périchorèse de l'espace. Pour exister elle a besoin de l'espace, de la profondeur du tube cathodique, pour permettre l'accélération de la projection des électrons. L'image vidéo n'apparaît que par la nécessité de la troisième dimension de sa chambre vide; l'image recrée à l'écran la profondeur saisie par l'œil unique de la caméra. Elle est cette surface plane de la couche lumineuse, elle est aussi l'espace du faisceau d'électrons nécessaires à sa génération, mais aussi l'illusion de l'espace créé par l'image elle-même. Elle est périchorèse des espaces.

Mais elle prend sa source, sa substance avant toute chose dans le monde concret. Elle se sert d'éléments préexistants pour pouvoir les transposer. Ceci est l'un des points essentiels de sa différence avec l'image de synthèse. L'image vidéo serait beaucoup plus proche de la photographie. Ce sont toutes deux des images optiques. L'une est le résultat d'une transposition chimique, l'autre une mutation électronique de l'énergie lumineuse.

2.1.9 Synthèse, révélation d'un sens.

L'image de synthèse est la projection d'un univers qui n'a rien à voir avec l'image.

Une image de synthèse ce sont avant tout des connexions électroniques, des puces, des processeurs, des calculateurs fonctionnant sur des données binaires, 0 et 1. C'est aussi un langage qui formule des concepts logico-mathématiques, transposés en système binaire. Pour fonctionner, elle prélève ses modèles dans la nature. Elle interprète des concepts. Elle existe ex-nihilo; elle est avant tout phénomène physique maîtrisé par l'homme; elle est lumière ordonnée, lumière générée, lumière calculée, ne puisant son agencement que dans des tableaux de nombres définis par une programmation, s'exprimant hors de tout contact physique avec le réel.

Chaque image est la résultante de calculs. Ces calculs sont établis à partir de connaissances physiques, mathématiques, voire biologiques. Pour exemple, si l'on veut voir une sphère s'afficher à l'écran, comment celle-ci va prendre corps?

La sphère va être décrite mathématiquement dans son propre espace en trois dimensions. Cet espace tridimensionnel va être lui-même défini par une matrice mathématique de passage d'un repère local au repère du monde. La sphère est constituée d'un ensemble de points équidistants dans l'espace du point central de celle-ci (je prends pour exemple une sphère dont l'affinité est une homothétie, de façon plus claire, un ballon de basket!). Par ailleurs, on définit dans l'espace un point de vue (toujours situé dans les trois dimensions), un point de visée, un angle d'ouverture et une profondeur de champ, c'est-à-dire la distance de visibilité qu'aura cet œil fictif. Tout ceci déterminant le champ de vision, ne consiste qu'en des suites de nombres, coordonnées, angles, distances. Puis une autre matrice va déterminer la place et la forme de l'"écran". En d'autres termes, il s'agit d'un plan positionné entre l'œil et le point de visée (toujours en coordonnées mathématiques). Pour finir, une fonction mathématique va projeter les points de la sphère vers l'œil (ou en sens inverse, nous verrons

cela plus loin), à travers l' "écran". Toutes ces droites définies mathématiquement, vont intersecter le plan "écran" en un point précis, et donner à ce point la valeur chromatique déterminée par la nature du point projeté dans l'espace (noir pour le vide, nuancé selon la position du point sur la sphère en fonction de l'éclairage reçu en ce point). Ce point se nomme pixel, et c'est ce que nous voyons sur l'écran. La combinaison de ces pixels, définis dans leurs valeurs chromatiques, issue de la synthèse additive des trois couleurs primaires, rouge, vert, bleu, donne l'illusion d'une sphère sur l'écran. Mais ce n'est en réalité que le résultat de ces multiples opérations d'intersection et de combinaisons mathématiques.

L'image numérique, c'est le réveil d'un sens issu de rien. Pour faire une image, il n'y a pas besoin de lumière, ni d'éclairage, de cadrage; il n'y a pas besoin d'espace d'installation; il n'y a plus de lieu ni d'instant à l'origine de son existence. Elle existe en dehors de toute matérialité, de toute existence concrète. Elle remonte à contre courant la genèse de l'image vidéo.

2.1.10 Croisement des sens et d'un «non-sens».

Pour l'image vidéo, il faut partir d'une scène, d'une installation. Il faut des éclairages suffisants pour permettre à la caméra d'enregistrer les signaux de lumière. Le cadre d'un tournage ce sont les projecteurs d'où émane une forte chaleur; cette chaleur ambiante conjuguée à l'activité de chacun pour parfaire le cadrage et la position de chaque objet, nécessairement décrits dans le script, engendre la transpiration. L'odeur vient s'ajouter à la sensation de chaleur. L'odeur des glandes sudoripares se mêle à celle des lieux, lieu clos dont l'identité est aussi définie par ses parfums. Si le tournage se passe en extérieur, ce sont alors

les effluves de la rue, les bouquets de senteur des arbres et des plantes, les diverses fragrances balayées par les vents qui viennent caresser l'odorat. L'image vidéo, c'est la réduction visuelle de tous ces éléments qui exacerbent les sens. Elle fait de toute image réalisée, un rétrécissement frustrant de l'ensemble des éléments sensibles.

En synthèse d'images, le mouvement est inverse. Il n'y a rien. Un écran sur lequel s'affichent lettres et nombres, codes et structures. Il n'y a qu'un long texte au langage codifié. Les sens n'ont pas leur place. Nous pourrions objecter en ce point de l'analyse que l'œil est cependant présent. Mais quelle est la fonction de l'œil dans la génération d'images de synthèse? L'œil a, lors de la définition de l'image, une fonction analytique. Il analyse les caractères présents sur l'écran et leur donne un sens abstrait. L'œil ne fonctionne pas en tant que sens de l'image, de la vue. Il est une interface au même titre que le corps. L'œil ne redeviendra sens qu'à l'apparition de l'image, suite aux calculs. L'observation visuelle de la scène permettra de modifier les erreurs réalisées lors de la phase d'abstraction de l'image. Mais l'image en elle-même exclut toute transposition sensorielle. Elle est transposition de modèles mathématiques, physiques, optiques, etc... Il n'y a pas la place du corps. Le corps se comporte comme une interface, au même titre que le clavier, entre une conception purement logico-mathématique générée par l'esprit et sa transformation physique à l'intérieur de l'ordinateur. Le cerveau commande aux doigts de taper tel et tel signe sur le clavier. Le clavier ordonne à l'ordinateur d'afficher le signe sélectionné; une fois tous les signes juxtaposés, l'ordinateur les interprète dans ses tableaux de nombres. En commandant l'affichage, l'image peut être visualisée.

L'image numérique part de l'esprit pour aller vers le corps. Elle part d'un univers purement abstrait pour s'exposer à travers un sens: la vue.

La sensation face à la réalisation d'une image vidéo et d'une image de synthèse est totalement inversée. Le sentiment de frustration ressenti lors du visionnement d'une image vidéo est remplacé par une sensation de jouissance lors de la révélation d'une image numérique. Surgissant de nulle part, l'apparition de cette image est toujours liée à un sentiment d'étonnement et de joie intense. L'image numérique est une concrétisation sensorielle de l'esprit. Certes, elle se limite à la vue. Mais le développement de la musique électronique, permettant de générer là aussi des sons venus de nulle part, peut se joindre à cette image créant un univers de synthèse pure. Le monde de la synthèse est un univers révélateur des sens : la vue et l'ouïe.

Le temps comme les sens, est un facteur étranger. L'image numérique n'a pas de temps; elle est hors du temps. Certes, il est possible de parler du rapport temporel que peut avoir le réalisateur avec son image. Entre le moment où il programme son image et celui où elle se concrétise devant ses yeux, il y a le temps de calcul, temps d'incertitude, temps d'impatience. Mais lorsque l'image projetée à l'écran paraît dans sa juxtaposition de pixels, particules lumineuses agencées les unes à côté des autres en une mosaïque illusionniste, celle-ci, provenant de nulle part, n'existe dans aucune temporalité. Elle existe en dehors de toute histoire. Sa présence ne recèle en rien un événement lié à un passé proche ou lointain. Elle n'existe qu'ici et maintenant.

L'image vidéo, quelle qu'elle soit, a toujours en elle une part de passé, de conjoncture extraordinaire, de rencontre fortuite d'un instant t avec le présent immédiat. L'image numérique ne consiste qu'en cet instant présent et éphémère. Elles sont toutes deux cette image lumière, image balayée, image cathodique. Mais elles relèvent de processus inverses de

génération : l'une est une réduction des sens, l'autre une accession au sens de la vue. L'une est issue du concret, l'autre est issue de l'esprit.

L'image numérique et l'image vidéo sont consubstantielles. Pour exister à nos yeux elles ont toutes deux besoin de la stimulation de la couche lumineuse par un faisceau d'électrons. Cependant ce balayage est quelque peu différent. Pour la vidéo il s'agit d'un balayage ligne par ligne. Dans le système PAL ou SECAM, on peut compter 625 lignes. Il y a un balayage simultané des lignes paires et impaires. Pour l'image numérique, il s'agit d'un pavage. L'écran est décomposé en une grille de pixels ayant chacun une valeur en abscisse et ordonnée. Lors du calcul de l'image, le tableau de nombres indique pour chaque pixel ses intensités en rouge, vert, bleu afin de déterminer sa nuance. Ce tableau de nombres est transmis au tube cathodique, afin de faire apparaître par un bombardement adéquat l'image générée. La consubstantialité de ces deux sortes d'images provient de la déréalisation lumineuse. Ce sont l'une et l'autre des images lumière n'existant que par la mise en vibration de phénomènes physiques.

2.1.11 Périchorèse : de l'hybridation à l'incrustation.

Peut-on parler de périchorèse entre une image numérique et une image vidéo ?

De façon brutale, en prenant l'une et l'autre dans son contexte propre, ce me semble difficile. Au niveau de leur génération, elles viennent de deux pôles opposés. Le concret et l'esprit. Le matériel et le spirituel. Quant au temps qu'elles portent en elles, ils sont chacun à un opposé de l'échelle. L'une fait référence à l'histoire, l'autre existe ex-nihilo.

Par contre l'enchevêtrement des techniques et des technologies au niveau de leur manipulation, pourrait être vecteur de cette notion de périchorèse.

De plus en plus, pour parfaire sa manipulation et en développer les possibilités, l'image vidéo, au sein des régies, est numérisée, afin de permettre toutes sortes d'effets spéciaux. Une image numérisée est une transposition de l'image analogique en tableau de nombres désignant la couleur de chaque pixel. Une fois l'image numérisée, il est possible de travailler sur des déformations et des découpages inattendus de l'image. La plupart des réalisations vidéo actuelles se servent de ces procédés de digitalisation de l'image vidéo. La numérisation permet d'accéder à toutes les possibilités des collages, des mixages, des incrustations.

Il est possible de numériser n'importe quelle image optique : peinture, photographie, dessin, vidéo, cinéma. Elle prend alors un statut hybride. Entre l'analogique d'où elle vient, et le numérique où elle se métamorphose. L'image trace numérisée porte en elle les antagonismes des temps qui la composent, les antagonismes de sa génération. Elle provient du concret, captée par un œil (mécanique, technologique ou un regard artistique qui l'a interprété à travers sa main), puis est décomposée en une grille de pixels agencés selon un tableau de nombres. Sa manipulation numérique se fait ensuite sur une image qui existe ex-nihilo et qui pourtant dans sa génération antérieure faisait appel à un passé. L'image numérique issue de digitalisation, porterait en elle les traces génératrices de l'image optique, mais serait en même temps un tableau de données, ouvert sur tous les possibles d'un devenir. L'image optique emprisonnée dans son existence événementielle, devient accessible, transformable dans l'immédiat, elle s'affranchit de toute l'histoire qu'elle porte en elle.

La dimension nouvelle, antagoniste que porte en elle l'image hybride semble parfois pointée dans les œuvres de Zbigniew Ribzinsky. Dans son film, "*La quatrième dimension*", il joue sur le facteur temps que porte en elle chaque image vidéo. Un objet tournant sur lui-même, sur un socle mécaniquement actionné, est filmé en vidéo par une caméra fixe. L'image captée est ensuite numérisée. L'ordinateur la décompose ligne par ligne, et les décale les unes après les autres. Les objets filmés semblent alors, dans leur déformation numérique, s'enrouler sur eux-même, se noyer dans un temps chargé de futur, de présent et de passé. Chaque image porte en elle tous ces temps. L'image hybride devient périchorèse du temps, elle est le passé dans le présent, elle est par le passé de sa génération et par le présent de son existence et de son devenir, elle est avec le passé et pour le passé, elle est avec le présent et pour le présent. L'image hybride, digitalisation de l'image optique est une périchorèse des temps⁴.

En est-il de même pour une image numérique transposée dans l'univers analogique de la vidéo ?

Pour visualiser, présenter sur un réseau télévisuel les productions numériques, celles-ci passent souvent par le transfert de leurs données numériques en données analogiques. Bien que cette manipulation soit de moins en moins évidente avec les avancées de la technologie et notamment des disques optiques. Néanmoins, les divers produits, passés pour leur réalisation finale dans des régies, sont devenus analogiques. Par le transfert de leur existence sur support mémoire, ils ont acquis peu à peu ce statut «historique» refusé à l'image numérique. N'est-il pas émouvant aujourd'hui de revoir "*Tony de Peltrie*" ou "*Luxo Jr*", témoin d'une histoire de l'image numérique. Ils se sont peu à peu, en tant que film, et non pas en temps qu'image

⁴ Le terme périchorèse est employé ici dans son sens unifiant et déterminant: *dans, par, pour, avec, être et ne pas être*.

numérique, tableau de nombres, chargés d'une histoire. Ils sont la marque de la venue au monde d'un univers nouveau.

La vulgarisation de cet art de laboratoire, de chercheurs fous penchés sur leurs computers, par des moyens techniques permettant la diffusion, la transmission et la mémorisation a chargé peu à peu l'image numérique, image antinomique de l'histoire, d'un passé; le passé de sa genèse, de son évolution esthétique.

Sous un tout autre éclairage, on peut parler de l'incrustation d'événements numériques dans une scène analogique sans pour cela transposer l'image analogique en image numérique. Il n'y a plus d'image hybride passée d'une nature à l'autre, mais rencontre. Le meilleur exemple de ce type de réalisation est cette série présentée sur *Canal+*, où l'on pouvait découvrir le mélange de personnages filmés en vidéo, sur lesquels venait s'incruster la première marionnette virtuelle: Mat. Cet intrus numérique, venu de nulle part, se mêlant à l'univers familier d'un film vidéo, a apporté à l'image une dimension imaginaire [fig. 5].

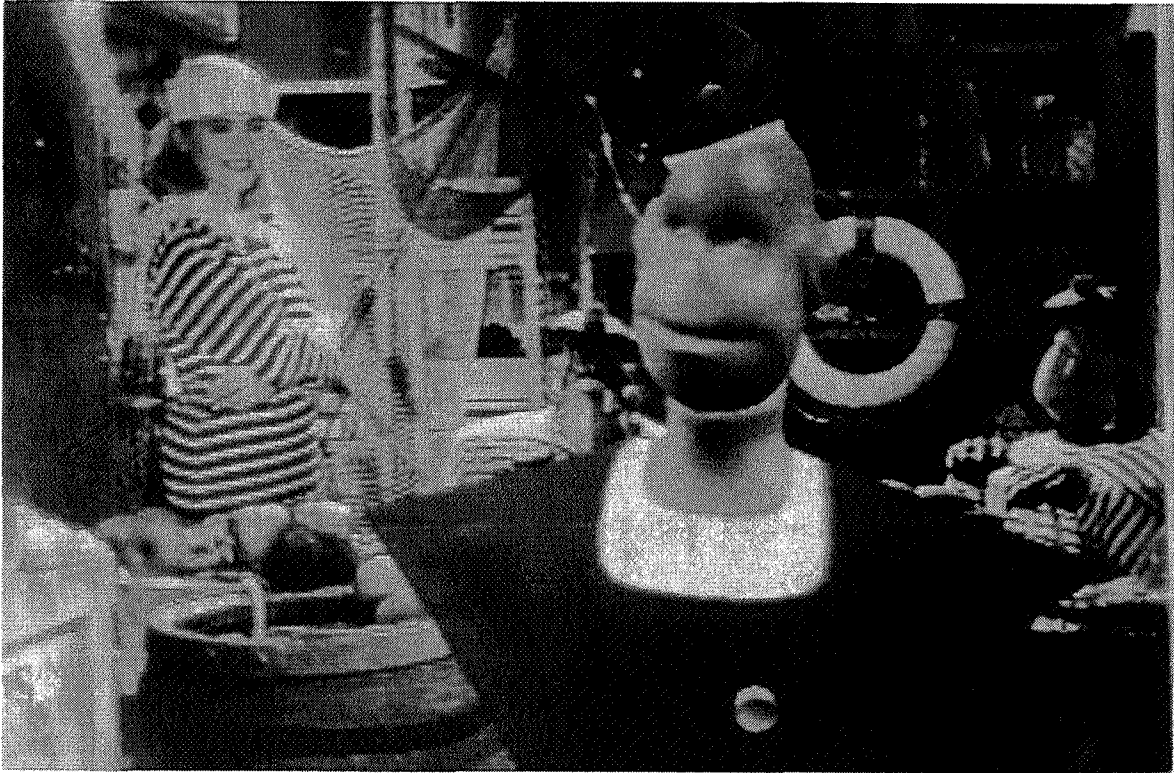


Figure 5
Mat, la première marionnette virtuelle incrustée sur le décor réel, filmé indépendamment, Vidéosystem, Canal+, 1991.

L'objet est incrusté de façon brutale. Il n'a aucun lien avec le reste de l'image. Seule, l'unité de lieu de la coprésence à l'écran crée ce lien. Et pourtant, dans l'histoire, il y a interaction; interaction entre les comédiens et la marionnette virtuelle. Cette interaction entre l'évènementiel et le virtuel crée une nouvelle dimension. Le «non-temps», le «non-sens» (au sens de la sensibilité) qu'est l'image numérique se charge peu à peu, s'imprègne peu à peu du temps que lui impose l'image vidéo. Les deux images, opposées sur l'échelle du temps se rejoignent peu à peu, attirées l'une vers l'autre par des facteurs opposés. Alchimie du temps, ces réalisations se trouvent projetées dans un monde à part, hors de toute notion catégorielle de virtuel et de concret. Mi-virtuelle, mi-concrète, chaque partie de l'image insuffle à l'autre une partie de son essence tout en ayant besoin pour cela de recevoir de l'autre. Chaque personnage n'existe en tant que personnage que grâce à l'autre, par le dialogue et l'interaction

entre les deux parties de la scène qui semblent pourtant ne faire qu'une. Il y a périchorèse des lieux et du temps.

Il faut mentionner, au niveau du développement de cette hybridation, un système mis au point par l'INA et TDI, en collaboration avec des partenaires italiens et espagnols. Ce système doit permettre de réaliser en temps réel une intégration de personnages vidéo dans un décor de synthèse. Une caméra vidéo est manipulée simultanément avec ce que l'on peut nommer une caméra virtuelle. Chaque mouvement de l'objectif est analysé numériquement et transmis à l'image numérique. Ces deux espaces, réel et virtuel, s'unissent dans un seul espace physique et temporel; périchorèse des lieux et du temps⁵.

2.1.12 Mea culpa.

Néanmoins, jusqu'à présent, ma tentative de recherche d'une trinité cathodique, ne s'est préoccupée que de deux parties essentielles de cette trinité, à savoir : la partie numérique comprenant l'image de synthèse en trois dimensions et l'image infographique en deux dimensions, opposée ou interpénétrée par la partie analogique : l'image vidéo.

Au cours de ma recherche, le propos trinitaire, ou la recherche de relations trinitaires entre l'image numérique en 3D et l'image numérique en 2D m'a semblé de moins en moins fondée. Comment établir des liens d'individualité, de particularité entre deux images si semblables dans leur genèse et leur visualisation ?

⁵ Martine Delage, «Eureka 283: "Synthetic TV", une star à IMAGINA», *Tech Images*, Avril/Mai/Juin 1991, . 31-32.

Hormis l'absence de système projectif dans une image 2D par rapport à une image 3D, il me semble difficile d'approfondir cette partie du propos. Certes, le point de fuite est un point de temps; la projection de l'espace virtuel permet à celui-ci d'acquérir une dimension spatiale et volumique que ne peut avoir l'image 2D. Ce point-ci de l'approche ne me semble plus correspondre au traitement que j'avais envisagé de donner à cette recherche sur les liens étroits qu'entretiennent les image cathodiques.

A la lumière de cette ébauche de recherche, il me paraîtrait intéressant, de développer sur ce système d'interrelations, une trinité sur l'image numérique, l'image vidéo, l'image photographique. L'approfondissement des voies et parcours trinitaires, ainsi que des natures et liens qu'entretiennent ces images entre elles, pourrait déboucher sur une analyse intéressante et nouvelle de l'apostrophe technologique des arts.

La conservation de l'idée de relations trinitaires se base sur une analogie que l'on rencontre dans le pouvoir démiurgique de création qu'engendre la synthèse d'images et la déréalisation des images cathodiques qui n'est pas sans rappeler l'icône. A ce propos, Philippe Queau développe dans son ouvrage *Eloge de la simulation*⁶, ce rapport au divin que l'on peut parfois pressentir dans la manipulation d'images numériques. Les images analogiques, prélèvement de la surface des choses, qui ne font appel à aucune connaissance théorique intrinsèque de la chose représentée, sont dites «techniques iconiques» (dont les racines étymologiques renvoient au verbe ressembler et paraître en Grec). Par opposition et toujours analogie, les images numériques générées par des systèmes logico-mathématiques, nécessitant la connaissance génératrice et algorithmique de la chose représentée, sont dites issues d'une «technique idolique» (dont les racines étymologiques sont le voir et le savoir en Grec).

⁶ Queau Philippe, *Eloge de la simulation*, chapitre 12, "Le calcul philosophique", p. 152, Edition CHAMP-VALLON, 1986.

La Trinité, la représentation trinitaire est pour la chrétienté une façon de rendre visible l'Invisible; de visualiser ce qui ne peut se concevoir visuellement. L'icône est au carrefour de l'image et du langage. On ne dit d'ailleurs pas «peindre une icône» mais «écrire une icône». L'icône renvoie à l'écriture.

L'imagerie religieuse entretient des rapports complexes avec la connaissance, le concret et le spirituel. L'image religieuse a pour tâche de rendre visible l'Invisible, un concept, une idée. Soit elle s'y refuse, comme dans l'Art Islamique, et se sert de structures géométriques surchargées redoutant le vide, symbole du néant, soit elle tente de rendre, avec des règles et des structures définies par des concepts théologiques, une idée du divin.

L'image technologique, quelle qu'elle soit, porte en elle et malgré elle une dimension divine liée à notre culture judéo-chrétienne. La photographie, le cinéma, la vidéo font référence à cet épisode de la Bible où Sainte-Véronique prélève sur le drap qui lui permet d'éponger le visage du Christ, l'image de ses traits, qui viendra à la postérité en tant que Saint-Suaire; l'image numérique, elle, se réfère de façon plus abrupte et plus profonde à une notion démiurgique. Créer et générer à partir de concept et de langage.

Cependant, dans leur démarche, l'image religieuse et l'image de synthèse sont radicalement opposées. L'Invisible que tente de dire l'imagerie religieuse, est la révélation d'une certitude, d'une idée, d'une croyance que les sens, le corps, les mots et même les images ont du mal à dire. Quoi de plus difficile pour un croyant de décrire et d'expliquer sa foi? Quoi de plus incompréhensible pour un non-croyant que la foi? L'image religieuse est donc là pour exprimer une chose profondément humaine et liée à l'intimité spirituelle de chacun.

De quel invisible s'empare l'image de synthèse? Elle révèle et démontre la véracité et l'efficacité des modèles et des analyses scientifiques. Ces analyses et recherches scientifiques ont pour mission de percer les mystères de la vie. Par conséquent c'est un courant qui va contre la croyance religieuse, pour qui la vie est un mystère qui ne se résout que par Dieu. La science tente de percer ce mystère, et c'est en cela qu'elle devient démiurgique; à partir du moment où elle a les moyens de générer à partir de rien, quelque chose, une image. Le langage utilisé par l'image numérique est on ne peut plus logique, structuré, rationnel, montré et démontré. Le langage divin est quant à lui lié à une intime conviction et n'a pas pour fonction de se montrer et se démontrer. Il n'est pas un modèle, il *est* de façon brutale et absolue. Mais le côté démiurgique et générateur de l'image de synthèse, n'est-il pas une façon pour l'homme de se poser comme créateur d'une nouvelle réalité?

Ce sont ici les principaux arguments qui me font penser que cette piste de recherche esthétique et philosophique, liée à l'imagerie technologique peut être à la fois surprenante, déroutante, mais révélatrice d'une nouvelle dimension des images cathodiques.

2.2

SECOND VOLET: LES POLYPTYQUES

Au début de cette recherche, il y avait un portail, un immense portail s'ouvrant sur un vestibule. Formuler une idée première, vague et générale m'avait ouvert ce portail. Dans ce vestibule, se présentaient trois nouvelles portes. M'engager dans l'une de ces voies impliquait obligatoirement l'abandon des autres; cependant, l'idée première étant basée sur le chiffre trois, la porte de la recherche vers la trinité me parut une évidence. Cette voie, dont je viens d'expliquer le cheminement, n'était pas une simple artère dépourvue d'axes de communication. Bien au contraire, à chaque pas je rencontrais une ruelle communiquant avec les deux autres voies que je n'avais pu emprunter lorsque je quittais le vestibule. Les premiers pas de cette recherche, se sont donc passés dans une déambulation à travers une cité; cité des connaissances et des intuitions, allant d'un axe principal à un autre, passant sans ambages d'une idée à une autre.

2.2.1 De l'icône aux tableaux.

L'idée première était basée sur le mixage de trois technologies (ou trois natures d'images, comme il me semble plus juste de définir). L'analyse d'une trinité cathodique me permit de mieux cerner la nature et l'essence de chaque image. Le produit final, dans cette formulation balbutiante, devait être un film, permettant d'exprimer cette idée trinitaire. Par

conséquent, une réflexion sur la forme devenait obligatoire, sinon indispensable. Comment formuler dans une histoire, et présenter dans des images, une idée de trinité cathodique? Quelle est la nature et la structure d'une image trinitaire? Quel est son contexte, son mode d'expression?

Pour répondre à toutes ces questions, l'étude d'une image trinitaire représentative s'est imposée dans un premier temps. Le choix de l'icône peut être dû au hasard. Néanmoins, les approfondissements vers lesquels ce choix m'a conduite, ont donné à ce point de départ toute sa représentativité, dans l'idée trinitaire.

L'icône choisie était l'icône de la trinité d'André Roublev⁷. Cette icône a été réalisée au début du XV^e siècle en Russie dans le monastère de la Sainte Trinité à Zogorsk, près de Moscou [fig.6]. L'icône en elle-même par tout ce qu'elle véhicule de croyances et de codes sacerdotaux, ne consistait pas en l'objet de ma recherche. Le point essentiel de cette recherche était basé sur la forme et l'articulation spatiale de l'image pour véhiculer l'idée du trois en un et du un en trois. Ces images, les icônes, sont avant tout liées à la rhétorique. Les problèmes d'espace, de profondeur, de "réalisme", sont évacués. L'image est destinée à la contemplation; elle doit induire dans ses codes une rhétorique, une réflexion. D'image, elle devient langage (nous verrons plus loin, dans l'analyse des *Styles et modèles de représentation*, que ce statut particulier de l'image s'est imposé en même temps que les dominations spirituelles ou religieuses).

⁷ Voir l'ouvrage de Nicolaï Greschny, *L'icône de la Trinité d'André Roublev*, Ed. Lion de Judas, 1986.



Figure 6
Ikône de la Trinité d'André Roublev, XV^e siècle.
 Monastère de la Sainte Trinité, Zogorsk.

Le fait que ces images soient avant tout une langue, chargée de codes et de significations me semblait important dans la recherche stylistique de l'expression de cette idée. Par conséquent, la nature de ces codes, leur moyen d'expression, leurs articulations sont autant de données d'une langue iconographique propre à être interprétée, voire transposée dans un scénario. Au sein de l'image, les mouvements des trois personnages sont autant de lignes de composition circulaires, symbole d'union, de rapports triangulaires, communication des regards, de gestes, etc... Mais au-delà de cette description purement iconographique, le point qui m'a le plus frappé dans l'abord de cette icône, est son contexte. Nikon, l'abbé du couvent de la Sainte Trinité, avait demandé à Roublev de peindre l'iconostase de l'église. L'iconostase est une cloison séparant le chœur de la nef. Elle se rencontre principalement dans les églises orientales. Cette cloison, comme on peut s'en douter, est immense; et lorsque nous parlons d'icône nous ne parlons pas d'art monumental. Cette cloison était par conséquent garnie d'icônes. Les icônes étaient alignées en plusieurs rangées. A droite de la porte qui

permettait de passer de la nef au chœur, on fixait l'icône du Christ ou du saint auquel était dédiée l'église.

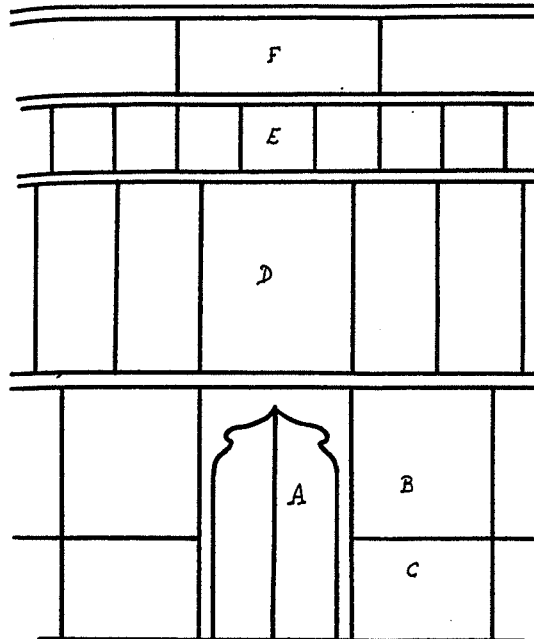


Schéma d'une iconostase ordinaire. A : Portes royales. — B : icône du Christ ou de la fête du Sauveur à laquelle est dédiée l'église : c'est là qu'est placée l'icône de la Trinité. — C : lieu sans affectation spéciale ; au monastère de la Trinité un voile brodé, garni de perles et de pierres précieuses, y était suspendu. — D : rangée de la Déisis. — E : rangée des fêtes. — F : rangée des patriarches et des prophètes.

Schéma 1
Présentation de l'icône au sein de l'iconostase.

N'allant pas plus avant dans l'explication des iconostases car ce n'est pas là mon propos, il me semble intéressant de recenser les points importants de cette approche. Le contexte de l'icône, ce sont plusieurs tableaux juxtaposés les uns aux autres [sch.1]. Dans les églises orientales, ceux-ci se présentent de façon générale sur une immense cloison, séparation du chœur et de la nef. Toutes les images sont donc visibles simultanément. Nous pouvons cependant noter que ces images sont ordonnées selon des règles bien précises. En bas, nous avons ce que l'on nomme la Déisis (le Christ, Marie, Saint Jean-Baptiste, etc...), au-dessus les fêtes orthodoxes, puis dans les rangées supérieures les patriarches et les prophètes. Nous

sommes donc en présence d'une image composée de plusieurs images. Une sorte de patchwork. Qu'en est-il dans les églises occidentales?

L'icône est une représentation de Dieu, sensée inspirer la contemplation. Les images divines dans les églises occidentales datent elles aussi pour la plupart du XIV^e et XV^e siècle. Ce ne sont cependant pas des icônes au sens béatifiant et byzantin du terme, mais des illustrations fortes de la bible et de son histoire, dont l'orientation semble plus didactique. Moins spirituelles, elles essaient de se rapprocher de l'homme pour le guider vers le divin. Il est curieux de constater que ces images saintes font également partie d'un ensemble. Cet ensemble s'exprime de façon différente et plus mystérieuse dans les églises occidentales. Plutôt que de juxtaposer de façon omniprésente les tableaux les uns aux autres, ceux-ci sont inclus dans un système de volets, permettant de dévoiler, selon le moment de l'année, tel ou tel événement de l'histoire chrétienne. C'est un peu comme une bande dessinée présentée dans une revue mensuelle. On connaîtrait le début de l'histoire, et la dernière image serait ce point de suspension qui maintient en haleine jusqu'à la parution de la suite de l'histoire le mois suivant. Ce sont, comme dans les iconostases, des tableaux multiples; mais l'idée qui vient se rajouter, c'est l'idée du pli, du caché, du temps qui voile et dévoile. Ces tableaux multiples à volets, sont connus de façon générique sous le nom de polyptyques.

La création de polyptyques a été très prolifique aux alentours du XV^e siècle. De nombreux peintres se sont livrés à cet exercice relativement difficile. Ces polyptyques destinés à la religion et présentés dans les églises, sont plus connus sous le nom de retables. Selon André Chastel, le retable "se définit à la fois comme une structure et comme système d'images"⁸. L'analyse de cette structure et de ce système d'images me semblait intéressante, surtout dans sa forme pour l'exposition d'une idée proche de celle-ci, exprimée dans un film.

L'étude que j'ai donc entamée sur les polyptyques, conjointement aux études sur la trinité exposées précédemment, m'a semblé dans un premier temps ne pouvoir se porter que sur les retables. Mais dès que la voie de cette recherche fut empruntée, j'ai pu rencontrer des polyptyques dans d'autres domaines de l'expression artistique. Ces domaines sont aussi divers que la littérature, le cinéma et même la vidéo. Il m'a semblé que la connaissance de l'articulation du polyptyque dans ces divers modes d'expression était autant de données réutilisables dans une réalisation. Je souhaiterais exposer cette étude sur les polyptyques en me référant au support artistique choisi.

2.2.2 Le polyptyque dans la peinture au XV^e siècle.

Dans les retables de l'Ecole du Nord du XV^e siècle, nous pouvons distinguer deux schémas de construction. Un premier modèle, celui des Primitifs, qui pourrait s'interpréter comme un ancêtre de la bande dessinée. Un second modèle, plus complexe, issu de l'Ecole du Nord, impliquant dans une lecture complexe les différents événements, hors de toute structure chronologique de lecture.

Plusieurs tableaux, représentant chacun une étape ou un passage de l'histoire du Christ, sont disposés dans le sens de la lecture. Les personnages sont posés sur les décors. Leurs visages sont lissés et leurs corps rablés sont couverts de vêtements aux plis cassés, dans le style Gothique. L'uniformité de la couleur générale du décor, des éclairages, le passage très nuancé et préparé d'un intérieur à un extérieur, sont autant d'éléments qui font de ces tableaux multiples agencés sur un volet des outils de communication par l'image. Certains détails

⁸ Citation de André Chastel extrait de *Polyptyques et paravents. Le tableau multiple du Moyen-Age au XX^e siècle*, p.7, Ed. Galerie-Bellier, 1990.

pittoresques semblent parfois de véritables précurseurs de l'expression en bande dessinée; pour ne citer que ce chien, présent sur l'un des retables de l'école de Schongauer exposé au Musée d'Unterlinden à Colmar, dont les yeux sont humains, et où la gueule se déforme en une bouche au rictus désapprobateur .

Pour revenir sur la structure générale de ce type de retable, il me semble important de définir la nature de chaque ouverture des volets. Le caractère historié et chronologique de ces œuvres est le point essentiel. Prenons par exemple le Retable des Dominicains réalisé par Schongauer. Le retable fermé, huit images exposent, de gauche à droite et de haut en bas, l'introduction, voire l'aspect bucolique de l'histoire chrétienne, avec l'Annonciation, la Visitation, la Nativité, etc... jusqu'au couronnement de la Vierge. Introduction, mise en appétit, échantillon des saveurs et des plaisirs, adoration de la maternité dans la virginité. Puis le retable s'ouvre sur ce qui constitue le cœur de l'action: seize tableaux représentant les diverses étapes du calvaire du Christ apparaissent au sein de cette structure toujours très didactique qui permet une lecture de gauche à droite et de haut en bas [sch.2]. Chaque image représente un instant *t* de cette histoire à un endroit donné. Il n'y a ni profusion, ni interpellation; chaque image est centrée sur son épisode. Quant aux protagonistes, ils se trouvent chacun clairement déterminés, et cette définition établie par leurs vêtements, leur corpulence et les traits de leurs visages, permet de les retrouver selon leur intervention ou non dans l'évènement présenté. Le Christ, héros de l'histoire, est toujours situé au cœur de l'image, et tous les gestes, tous les regards, toutes les attitudes convergent vers lui. Les images de composition finalement très classique se plaquent toutes sur un fond d'or, héritage de l'Art byzantin.

Dans le retable de Buhl, nous retrouvons sensiblement cette même structure didactique dans sa forme et emphatique dans l'exposition successive des ouvertures. Le retable fermé est composé de quatre tableaux aux images champêtres, empruntées du calme et du bonheur assuré de la Vierge à la robe verte couleur d'espérance; reflet des prés et des collines avoisinantes, symbole de sérénité. Puis l'ouverture du tableau nous présente la passion du Christ, dont la présentation n'est pas sans rappeler quelque part les dessins de Daumier. Au milieu des juifs illustrés de façon caricaturale, le Christ, dans un détachement total a toujours le visage tourné vers le spectateur, et semble en permanence esquisser un sourire ironique, par un léger pli de son zygomatique gauche. Néanmoins, la structure des images dans cette ouverture du retable est moins linéaire que dans le retable de Schongauer. Les étapes préliminaires encadrent la crucifixion. Une dominante de la teinte orangée et rouge se fait de plus en plus présente dans chacune des étapes. Quant à la crucifixion, immense panneau exposé au centre, elle ne se veut pas aussi dramatique que l'ascension chromatique de la Passion du Christ aurait pu le laisser supposer. Un équilibre frappant entre les couleurs de l'espoir et les couleurs de l'enfer donne déjà toute l'ambiguïté de l'événement. A la fois délivrance et calvaire. Quant au revers du retable, il se pose en conclusion de l'histoire. Deux tableaux au format panoramique sont superposés. Il s'agit du Jugement dernier. Sur le panneau supérieur, le Christ trône installé sur un arc-en-ciel. Sur le panneau inférieur un ange et un démon scindent le tableau en son axe médian, l'un guidant les élus vers Saint Pierre et les marches du paradis qui conduisent au ciel où siège le Christ, l'autre poussant de ses griffes les âmes perdues vers les flammes de l'enfer.

Fermé

1	2	3	4
5	6	7	8

Retable fermé :

1-2 - La chasse mystique, Annonciation symbolique dans laquelle la licorne, qui représente le Christ, vient se réfugier dans le sein de la Vierge. Le jardin clos, le puits scellé, le buisson ardent, la toison de Gédéon sont quelques-uns des symboles de la virginité de Marie.

3 - Visitation

4 - Nativité

5 - Adoration des Mages

6 - Présentation au Temple

7 - Jésus au milieu des docteurs

8 - Couronnement de la Vierge

Ouvert

9	10	11	12	?	17	18	19	20
13	14	15	16		21	22	23	24

Retable ouvert :

9 - Entrée à Jérusalem

10 - Dernière Cène

11 - Le Christ au Mont des Oliviers

12 - Arrestation

13 - Le Christ devant Caïphe

14 - Flagellation

15 - Couronnement d'épines

16 - Portement de Croix

? - Partie disparue, sans doute

Crucifixion peinte ou sculptée

17 - Descente de croix

18 - Mise au tombeau

19 - Descente aux limbes

20 - Résurrection

21 - Le Christ et Marie-Madeleine

22 - Incrédulité de Saint Thomas

23 - Ascension

24 - Pentecôte.

Schéma 2

Structure de présentation des panneaux du retable des Dominicains de Schongauer.

Que ce soit la vie de la Vierge ou la Passion du Christ, nous retrouvons là une représentation très dépouillée et épurée de l'histoire chrétienne. Le côté naïf et la simplicité des structures narratives sont autant d'éléments qui distinguent les œuvres des Primitifs flamands. La symbolique, excessivement présente dans les œuvres de cette époque, semble ici réduite à sa plus simple expression au profit de la clarté, permettant la lisibilité à l'esprit le plus simple et le moins instruit. Egalement, la grossièreté du caractère des personnages voire leur caricaturisation, sont autant d'éléments de cet art Primitif flamand. En conclusion, il semblerait qu'au sein de cette école, un polyptyque serait composé de plusieurs tableaux déroulant une histoire dans le sens de la lecture, avec une chronologie parfaitement maîtrisée et parallèle au

temps: [panneau fermé] = [avant], [panneau ouvert] = [pendant], [revers du panneau central] = [après]. Mais il faut noter que cette structure est propre à *une* tendance de l'Ecole du Nord. Qu'en est-il des autres?

Si nous étudions d'autres retables de l'Ecole du Nord, nous rencontrons une construction picturale beaucoup plus complexe. Que l'on prenne le *Retable d'Issenheim* de Grünewald⁹, le polyptyque du *Jugement dernier* de Roger Van der Weyden, le polyptyque de *L'Agneau mystique*, les sens de lecture et de structure sont fort complexes.

Dans un premier temps, chaque phase d'ouverture du *Retable d'Issenheim* donne lieu à une nouvelle atmosphère, une nouvelle ambiance [fig.7]. D'une profonde obscurité, emprunte de douleur de la Crucifixion du Christ, Grünewald nous conduit, dans la seconde ouverture, à une atmosphère de lumière et de bonheur, baignée d'un profond bien être. L'Annonciation, le Concert des Anges, la Nativité et la Résurrection en sont les quatre éléments. Par rapport aux deux autres polyptyques que nous venons de voir, il me semble important de noter le bouleversement dans le choix des épisodes présentés conjointement. Il n'y a plus cet [avant-pendant-après]. Il y a le temps de la douleur terrestre que présentent les panneaux fermés; et le temps de la joie céleste que les paroissiens ne découvriraient qu'à l'occasion des célébrations pascales. Par ailleurs, le cadre des volets commence à ne plus être considéré comme une limite de l'image. La Crucifixion s'étale sur les deux panneaux centraux. St-Antoine et St-Sébastien sont posés sur deux socles de chaque côté de la Crucifixion, comme témoins et messagers de l'avènement du messie. L'ouverture des volets exprime cette même idée de continuité. Colonnades et draperies annoncent le passage d'une scène à une autre; on peut remarquer la continuité des sols, et l'ouverture très nuancée des intérieurs sur

⁹ Sur le retable d'Issenheim, voir l'ouvrage de Christian Baur, *Grünewald. Le retable d'Issenheim*, Ed. Media-Fribourg.

les paysages. D'une ouverture à l'autre il y a un contraste intense de lumière et d'atmosphère. Les couleurs neutres et sombres du tableau fermé deviennent éclatantes et resplendissantes dans la première ouverture.

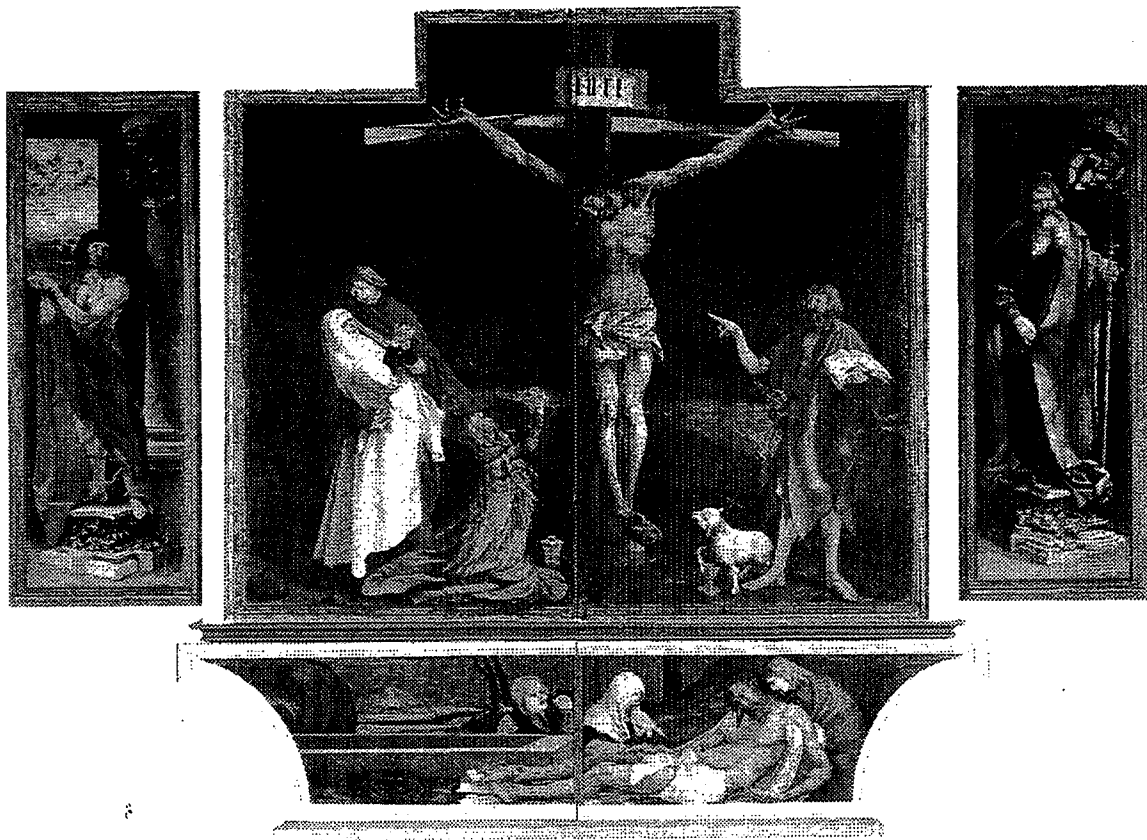


Figure 7
Le Retable d'Issenheim, par Grünewald (1512-1516),
Retable fermé,
Musée d'Unterlinden, Colmar.

Dans le polyptyque du *Jugement dernier* de Roger Van der Weyden¹⁰ nous rencontrons également ce dépassement des frontières imposées par les cadres des volets [fig. 8]. La distribution trinitaire que nous avons pu étudier dans l'icône de Roublev, sert de liaison entre les panneaux. Le Christ est présenté en haut de la partie centrale, assis sur un arc-en-ciel. Cet arc, débordant du panneau central sur les panneaux latéraux, a une fonction unificatrice. Il induit une lecture circulaire dans un continuum entre la terre d'où sortent des hommes dénudés, et le ciel, pénétré par les voix des anges. Une ligne d'horizon continue délimite la terre de façon uniforme sur les divers volets. Les couleurs pourpres et dorées du ciel sont en fort contraste avec les couleurs fondues, chair et marron, de la terre. Nous nous trouvons en face d'une lecture complexe où la profusion des détails et l'enchevêtrement des événements impliquent une circulation du regard très complexe. Quant aux deux panneaux extrêmes, la nébuleuse divine or et pourpre, lèche de ses dernières volutes une partie de chacun de ces panneaux pour laisser place à l'obscurité et aux flammes de l'enfer, ou au paradis s'ouvrant sur le parvis d'une église. L'évolution importante qu'il est possible de noter est l'utilisation des panneaux multiples à une seule fin de présentation d'un événement. Nous avons vu dans les autres polyptyques, que chaque ouverture proposait des juxtapositions d'instant; ici, la simultanéité de l'événement, sa complexité et sa taille donnent une dimension tout à fait nouvelle au temps de la lecture. Nous n'avons plus cet [avant-pendant-après], mais une circulation perpétuelle du regard voulant embrasser d'un seul coup d'œil l'instant. La présentation d'un événement ponctuel à travers les plis et l'étirement du temps engendré par la nature même du polyptyque, donne à cet événement une dimension d'éternité. Le regard ne peut s'arrêter de balayer la scène; chaque détail va stimuler son attention et le guider vers un autre qui fonctionnera comme un tremplin et renverra au cœur de l'image pour se perdre, ad libidum, dans ses méandres et son temps cyclique et perpétuel.

¹⁰ Référence à l'ouvrage *Roger Van der Weyden/Beaune. Polyptyque du jugement dernier*, de Geneviève Moingeon-Peret, Christiane Prelot-Levert et Roger Brain, Ed. du Jacquemard, 1981.

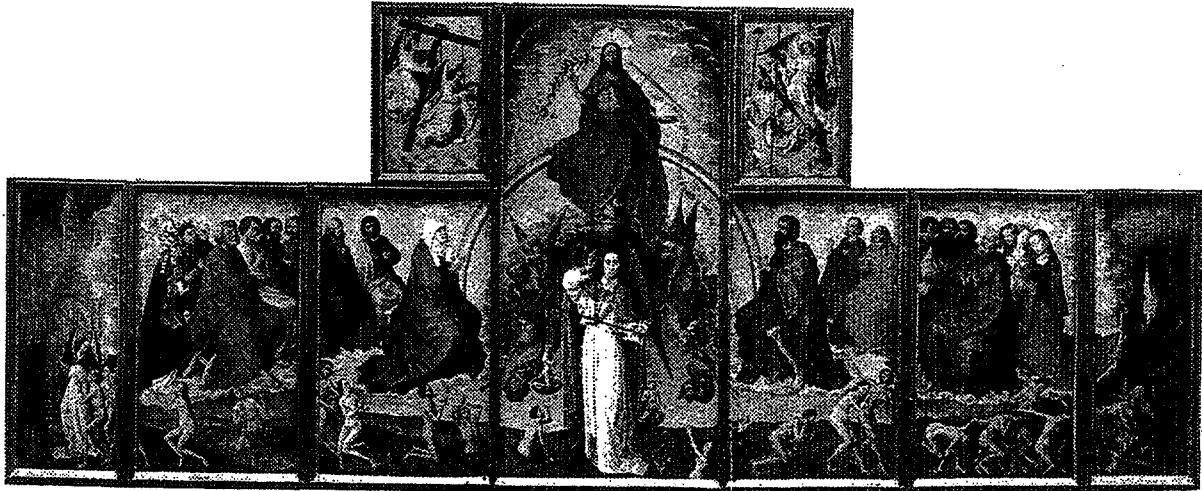


Figure 8
Polyptyque du Jugement dernier, par Roger Van der Weyden (1443),
 Fragment,
 Hôtel-Dieu de Beaune.

Cette approche du polyptyque dans la peinture est volontairement limitée. La limitation de l'étude du polyptyque aux tableaux de l'Ecole du Nord du XV^e siècle se justifie par plusieurs raisons. Dans un premier temps, le choix du XV^e siècle est motivé par le fait que cette époque fut celle de l'épanouissement de ce type de peinture. Dans les siècles qui suivent, le polyptyque tombe un peu dans l'oubli pour ressurgir de ses braises au XIX^e et surtout XX^e siècle. D'autre part, le choix de l'Ecole du Nord m'a semblé le plus représentatif, car il présente une évolution et une diversité tout à fait remarquable. La complexification des réseaux de lecture au sein des polyptyques se trouve parallèlement développée en Italie. Il ne m'a par conséquent pas semblé nécessaire de reprendre ces mêmes éléments d'analyse sur les polyptyques d'Italie. Néanmoins, en tant que tableaux, objets du regards, la liberté visuelle du spectateur induit autant de lectures possibles que de personnes présentes. La réduction de cette liberté temporelle dans le balayage de l'événement que nous propose la littérature me paraît circonscrire de façon plus précise et plus rigide le déroulement temporel d'une présentation en polyptyque.

2.2.3 *Le polyptyque en littérature.*

Comment définir un polyptyque en littérature? Le terme polyptyque désigne une peinture à plusieurs volets. Nous sommes donc en présence de plusieurs scènes qui se déroulent simultanément et dont certains dénouements se trouvent dans le pli caché du volet. En littérature, ceci peut s'interpréter comme une façon de raconter simultanément deux histoires (ou plusieurs autres) imbriquées l'une dans l'autre. Chacune de ces histoires est elle-même scindée en plusieurs récits se référant à divers épisodes de celle-ci (flash-back plus ou moins antérieur au contexte dans lequel se trouve décrite l'histoire). Cette structure implique donc un récit comprenant des lieux multiples, un temps multiple, des contextes multiples.

Il y a principalement deux ouvrages qui m'ont semblé répondre à ces exigences. L'un me semble plus près des Primitifs flamands, dans son découpage, l'autre, plus bouillonnant et foisonnant de temps, de lieux, de réel et de rêves.

Le premier ouvrage que je souhaiterais citer est *Le mal noir*¹¹ de Nina Berberova. Le livre est scindé en trois tableaux distincts, juxtaposés l'un après l'autre. Chaque tableau se déroule dans un lieu bien distinct et différent des autres. Le premier tableau se situe à Paris où Evguéni Pétrovitch tente de vendre des bijoux pour gagner de l'argent. Dans le second tableau, il est à New-York; il se dit à la recherche d'un ami inventé: Droujine. Le dernier tableau n'est ni à New-York, ni à Paris; le lieu n'est pas précisé. C'est une réflexion intérieure où Evguéni Pétrovitch est seul.

¹¹ Nina Berberova, *Le mal noir*, Ed. Actes-Sud, 1989.

Il y a donc un personnage, point commun des différents tableaux et qui, peu à peu, au cours du récit, se raconte lui-même. C'est un voyage de l'extériorité d'un personnage vers son intériorité. Chaque étape étant bien délimitée. Le premier tableau est caractérisé par l'action, le second par la discussion, le troisième par la réflexion sur soi-même.

Chaque chapitre donne lieu à un tableau comme chaque panneau pouvait dans les polyptyques des Primitifs flamands délimiter *une* image. Chaque volet dévoile également une atmosphère précise; les rues de Paris, les rencontres new-yorkaises, l'intimité de la réflexion et de l'approfondissement de soi. Il n'y a pas vraiment non plus de chronologie énoncée. Ce sont des ambiances; le passé, le présent, le futur ne sont que des notions éphémères évacuées au profit d'une couleur et d'une saveur d'un lieu. Le temps devient le temps de l'action (premier tableau), le temps de la discussion (second tableau), le temps du recueillement (troisième tableau). Ascension spirituelle du concret à l'idéal. Nous rencontrons ici un déroulement linéaire, une juxtaposition non fragmentée d'instant. C'est en ceci que ce type de "polyptyque littéraire" me semble se rapprocher du style des Primitifs flamands de l'Ecole du Nord.

Dans un autre ouvrage, *La modification*¹² de Michel Butor, le lecteur se trouve pris dans une tourmente des temps, des lieux et des ambiances, aussi riche et foisonnante que dans le *Polyptyque du Jugement dernier* de Roger van der Weyden. Nous sommes en présence d'une structure complexe où les temps, les actions et les lieux se mêlent de façon tout à fait subtile. Au cours de son voyage en train, qui le mène de Paris à Rome, le héros de Michel Butor brasse le présent, le passé, le futur, l'ici et l'ailleurs. Dans une unité de temps (le roman se déroule sur un laps de temps inférieur à vingt-quatre heures) et une unité de lieu (le train), plusieurs récits viennent se mêler, se heurter. Ce sont des idées qui filent, vont et viennent. Sa

¹² Michel Butor, *La modification*, Ed. Minuit-double, 1987.

femme et sa maîtresse, Rome et Paris. La Rome mythique et catholique; la Rome du modernisme. Et puis tiens. Qui s'assoit devant moi? D'où vient-il? Où va-t-il? Pour quoi faire? Ah! Et puis le rêve... le Grand Veneur... Et toujours les gares qui défilent, ponctuent la pensée. Les gens qui vont et viennent. Flash-backs. Projets. Hypothèses sur le futur. Les tableaux se mêlent, s'emboîtent, se fragmentent, se rencontrent.

Structure complexe de tableaux qui se voilent et se dévoilent; plis multiples, espaces gigognes, récits tentaculaires. Le temps, les lieux se démultiplient les uns les autres.

Au niveau narratif et structurel, que retenir du polyptyque en littérature? Il y a *un* personnage, fil d'ariane des différents tableaux. Ce personnage a plusieurs histoires qui se distinguent les unes des autres par des lieux différents. Chaque tableau a donc son lieu. Par ailleurs, chaque histoire est la révélation d'une facette de la personnalité du personnage. Il n'y a pas de lien chronologique marqué entre les tableaux, pas de passé, ni de présent, ni de futur. Le temps est une notion qui se trouve aspirée dans la prolifération des tableaux au profit de l'évènement.

2.2.4 Le polyptyque dans son expression contemporaine.

La présentation sous forme de polyptyque, fut abandonnée (ou peu usitée) pendant plusieurs siècles pour s'esquisser à nouveau au XIX^e siècle, mais surtout au XX^e siècle¹³. Qu'est devenu le polyptyque dans un monde beaucoup plus matérialiste que spirituel? Que

¹³ Sur l'histoire des polyptyques et la présentation de polyptyques contemporains voir l'ouvrage des Musées Nationaux édité lors de l'exposition du Louvre en 1990, *Polyptyques/ Le tableau multiple du Moyen-Age au XX^e siècle*, Ed. du Louvres.

reste-t-il du polyptyque, énonciation d'événements religieux, dans un art qui ne se préoccupe plus de religion?

Dans un contexte artistique qui n'est plus intimement lié à l'église, mécène dominant de l'âge d'or du polyptyque, les artistes ont pris de grandes libertés par rapport aux règles des polyptyques. Au niveau du sujet l'attention n'est plus centrée sur les épisodes de la Bible. On assiste à un détournement sur le questionnement de la peinture en elle-même, sur sa fonction et sur ses champs d'action, ses possibilités d'investigation. Les artistes ne vont conserver des polyptyques "classiques" du XV^e siècle que l'équation fondamentale [espace*temps]. Quelle est la capacité de la peinture à appréhender la quatrième dimension, le temps? Quels sont les rapports entre le tableau et l'espace environnant? Le polyptyque de sa fonction essentiellement didactique du XV^e siècle, centré sur la connaissance de la Bible, va se voir au XX^e siècle investi d'une double fonction. Il va conserver son rôle didactique, mais cumuler en plus une fonction édifiante. De façon plus claire, il va se centrer sur les problèmes de construction et de structure, tout en essayant de communiquer une idée ou d'informer le spectateur sur la capacité de la peinture à s'appropriier l'espace et le temps. Le polyptyque va s'établir comme un intermédiaire entre le tableau et son environnement.

Prenons pour exemple le triptyque de Robert Ryman, réalisé en 1974. Il juxtapose trois carrés blancs¹⁴. Ces peintures dans leur forme et leur couleur sont verbalement semblables. Néanmoins, l'expérience visuelle et la juxtaposition spatiale différencie ces carrés les uns des autres. La présentation en triptyque permet la mise en évidence des disparités. Par ailleurs l'alternance vide-plein génère l'ambiguïté de ne plus savoir si il y a un manque ou si un vide est comblé. Bref, le polyptyque se joue de l'espace et de la disparité.

¹⁴ Article de Fabrice Hergot, extrait de *Polyptyques/ Le tableau multiple du Moyen-Age au XX^e siècle*, p. 258, ouvrage cité p. 56.

Dans ce registre d'opposition des concepts que peut générer le polyptyque, il est possible de citer les œuvres de Francis Bacon¹⁵. Nous sommes en présence de trois tableaux de taille semblable, de trois figures, de trois reflets [fig.9]. Y a-t-il un lien, union, voire réunion entre ces trois visages? Ou bien ne sont-ils que la répétition d'une même solitude, l'expression du cloisonnement? Chaque peinture, frontale, ne renvoie qu'à elle-même, et pourtant elle ne saurait exister sans les autres. Le polyptyque renforce le message de solitude, en même temps qu'il la multiplie, la réunit. L'union des unités semble ne pas fonctionner comme une somme mais comme une juxtaposition d'éléments singuliers. Le vide de l'espace entre les tableaux renvoie au vide de l'espace pictural. La présence des reflets isolés s'unifie dans une communion chromatique. La structure du polyptyque permet la multiplication du message, tant dans sa construction spatiale que dans sa construction picturale. L'information que délivre la peinture se trouve démultipliée.

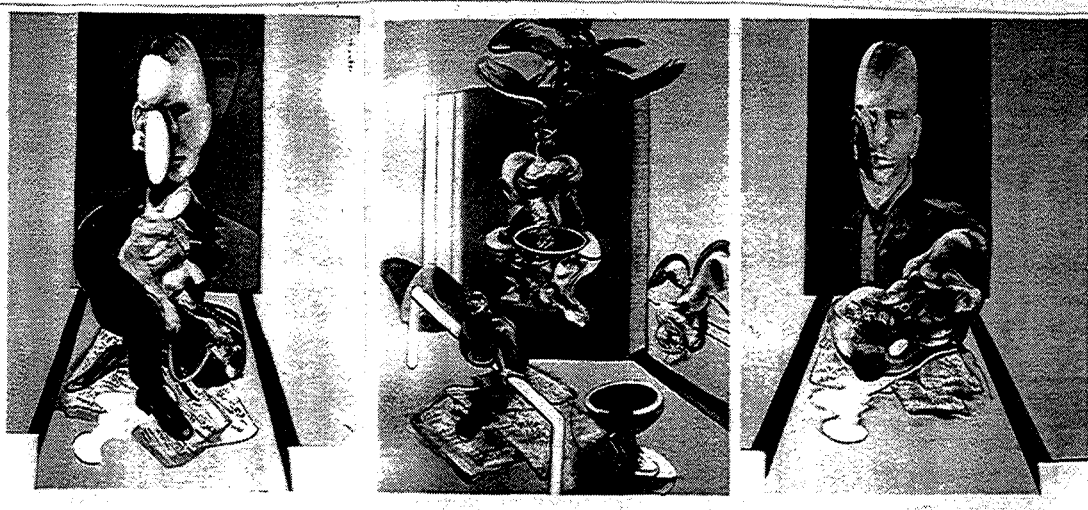


Figure 9
Triptyque, par Francis Bacon (1976),
Collection particulière, France.

Chez Magritte, le polyptyque se traduit en une "compartimentalisation" de la figure¹⁶. Chaque partie du polyptyque se pose en casier, fenêtre sur l'une des parties d'une anatomie générale, ou vue éclatée, reflets brisés, juxtaposés par la magie de la peinture [fig.10]. La

¹⁵ Article de Isabelle Monot-Fontaine, extrait de *Polyptyques/ Le tableau multiple du Moyen-Age au XX^e siècle*, p. 260, ouvrage cité p. 56.

¹⁶ Ouvrage cité p. 56.

notion de miroir à travers les reflets revient, comme chez Francis Bacon. Le polyptyque semble la structure rêvée pour une vision que l'on pourrait qualifier de "prismatique" du sujet.



Figure 10
L'évidence éternelle, par René Magritte (1930),
The Menil Collection, Houston.

Le polyptyque du XX^e siècle semble répondre d'un principe d'unification et de convergence tout en s'attaquant de façon paradoxale dans le choix de ses sujets à l'éclatement. Cet éclatement et ce fractionnement permettent d'affirmer les possibilités internes du tableau tout en démontrant ses limites. Se jouant d'associations, de juxtapositions il se réfère parfois au collage et au cubisme. Reflets multiples, juxtaposition des facettes d'un personnage chez Francis Bacon, espace brisé chez Magritte, jeu des contrastes et de l'unité chez Robert Ryman. Le polyptyque du XX^e siècle se préoccupe de peinture. Il ne raconte plus d'histoires; il a abandonné son côté bande dessinée pour devenir un mode d'expression à part entière.

2.2.5 Expérimentation pratique.

Suite à toutes ces recherches sur les polyptyques, il ne me restait plus qu'à tenter de mettre en œuvre et réinvestir ce qui avait été acquis. Le tout devait de plus être lié au propos initial de l'idée de Trinité!

La recherche sur la trinité s'est révélée tentaculaire et incroyablement complexe. Que peut-on retenir de l'étude des polyptyques?

Tant que le polyptyque se propose de raconter une histoire, comme au XV^e siècle, ou de dévoiler les différentes facettes de la société comme au XIX^e siècle, il s'articule de façon plus ou moins nette. Chez les Primitifs flamands, il y a la notion de temps [avant-pendant-après]; à la Renaissance, nous rencontrons une structure plus cyclique, où le cloisonnement s'estompe au profit de l'unité. Puis au XIX^e siècle, on arrive à l'idée de miroir, de juxtaposition de visages différents d'un même sujet. Ce sujet, social au XIX^e, va peu à peu se décaler vers une problématique sur la peinture. Ce décalage correspond bien à l'émergence des problèmes existentiels que s'est posée la peinture lors de l'apparition des diverses technologies de l'image.

Le polyptyque s'est imposé alors comme une structure privilégiée pour questionner la peinture. Afin de mieux se l'approprier, cette dernière l'a exploré jusque dans ses derniers retranchements en usant des contradictions pour éprouver et renforcer ses fonctionnements internes.

Que dire des technologies de l'image s'essayant au polyptyque?

Dans un premier temps, nous pouvons parler rapidement de la photographie. Dès son apparition, la photographie s'est située au cœur de l'équation [espace*temps]. Prélèvement ponctuel rétinien fixé hors du temps, mais également prélèvement mécanique d'impression sensitive, elle est le temps éphémère, hors du temps sensible. Par ailleurs, l'espace photographique est lui-même sujet aux problèmes de cadrage, de dimension de focale utilisée. L'espace photographique se joue de la reproductibilité, de l'espace et du temps. De nombreux travaux ont été présentés sous forme de polyptyque. A chaque fois, l'utilisation de ce mode de présentation permet de dénoncer ou d'approfondir une qualité ou un défaut attribué à la photographie. Comme la peinture du XX^e siècle, la photographie utilise le polyptyque pour se pencher sur elle-même.

Parmi les autres technologies s'étant servi de la forme du polyptyque, nous pouvons citer le cinéma, avec le *Napoléon* d'Abel Gance, où le film se déroule simultanément sur trois écrans distincts, et les sculptures vidéo de Nam June Paik¹⁷.

Le travail de ce dernier artiste semble se rapprocher le plus du projet de réalisation initial. Quelle est la nature des réalisations de Nam June Paik? Ses œuvres furent à l'origine inspirées par la musique d'avant garde, soit de la musique dodécaphonique, dont l'une des structures fondamentales de construction était la "combinatorialité". Ainsi, dans une juxtaposition d'écrans vidéo, étaient projetées des boucles, soit semblables, soit distinctes, qui se jouaient de la simultanéité, répétition et décalage. Il est intéressant de noter le fait que Nam June Paik a travaillé relativement souvent avec John Cage. Le principe de musique répétitive

¹⁷ Article de Jacques Clayssen, "*Nam June Paik, metal guru is it you?*", extrait de *Pixel* n°7, p. 26, 1990.

développé par ce dernier se retrouve dans les présentations de Nam June Paik. Une même structure ou "sculpture vidéo" va être composée de nombreux écrans orientés de façon dissemblable (horizontaux, verticaux, à l'envers, etc...). Prenons pour exemple *Sister 1988-89*. Chaque écran est soumis à un réglage spécifique, et tous les écrans ont simultanément une même image. Cette image paraît de façon différente sur chaque écran tout en formant une parfaite unité [fig.11]. Nous retrouvons ici les réminiscences de l'expérimentation du polyptyque de Robert Ryman. Les images sont identiques, mais leur juxtaposition et une légère différence de réglage met en évidence certains de leurs aspects. Enfin il est à noter que dans les débuts de son exploration artistique, en 1961, en collaboration avec Wolf Vostel, il crée le groupe Fluxus, qui, inspiré par Marcel Duchamp, renoue avec la tradition dadaïste. Le collage, dans cette inspiration dadaïste, va se trouver à nouveau au cœur de cette problématique de l'écran multiple.

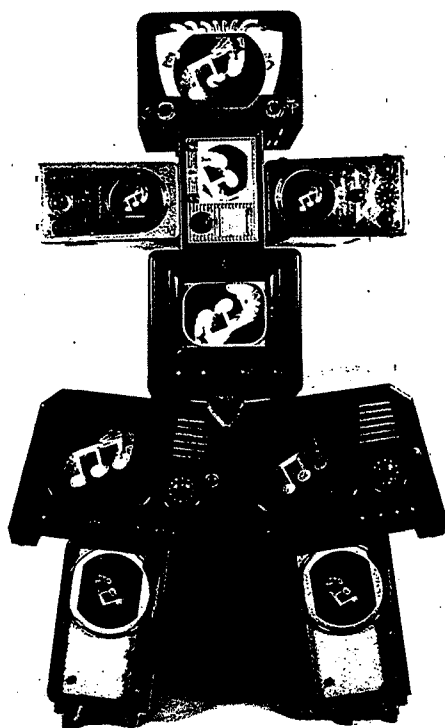


Figure 11
Sister 1988-89, par Nam June Paik,
Galerie du Génie, Courtesy.

Que retenir de tous ces éléments dans le cadre d'une expérimentation pratique? Qu'en est-il resté?

Plusieurs options et scénari ont vu le jour au cours de cette recherche. La forme et les problématiques soulevées étaient fort complexes à gérer. Etant donné que la forme devait renforcer l'idée de Trinité, le polyptyque utilisé devait obligatoirement s'exprimer sous forme de triptyque (pour conserver le chiffre 3). Par ailleurs, l'âge d'or de la Trinité et du polyptyque se trouvait être au XV^e siècle. Par conséquent la structure linéaire de ce triptyque devait se rapprocher des structures étudiées. Mais ce triptyque étant réalisé au XX^e siècle avec des nouvelles technologies, il devait transposer ces notions dans une dynamique contemporaine. Donc, tout en se servant des différentes analyses sur les polyptyques, il fallait œuvrer pour une approche nouvelle du polyptyque.

L'une des étapes premières de ce projet, avait été une histoire, plagiat ou transposition ironique des séquences de la Bible présentées dans les polyptyques du XV^e siècle, dont les trois protagonistes représentant chacun l'un des éléments de la Trinité, devaient appartenir à une nature d'image: vidéo, image numérique 2D et 3D. La présentation linéaire et chronologique des événements, enlevait tout caractère de trinité et même de triptyque. Les trois tableaux se fondant dans une structure linéaire. L'idée suivante fut celle de la mise en relation de trois écrans vidéo simultanés, où chaque film, à l'intérieur de chaque écran, interviendrait sur le film de l'écran le jouxtant. Mais la combinatoire complexe des collages et des juxtapositions entraîna l'abandon de ce projet. Il est à noter également que le gouffre de la Trinité s'étant dévoilé au cours de cette approche, la forme du triptyque en fut de concert écartée.

Il faut cependant retenir de cette étude l'approche nouvelle de l'équation [espace*temps] qu'elle m'a permis d'avoir. Par ailleurs, tous les polyptyques, quels qu'ils soient, apportent une nouvelle idée de l'espace et testent à la fois l'espace intérieur du tableau empreint d'une perspective spécifique, et l'espace global dans lequel cet ensemble s'inscrit, où la perspective n'est plus une perspective graphique, mais une perspective sensorielle. Des espaces se superposent, se juxtaposent, se heurtent; de leur rencontre ou de leur conflit jaillit un propos démultiplié, un espace gigogne.

Ces idées d'espace et de perspectives différentes ont sans doute influencé quelque part le produit final de ce travail.

2.3

TROISIEME LIEU: INCRUSTATIONS ET COLLAGES.

Pour conclure le tour d'horizon de l'historique de cette recherche, il est indispensable d'aborder le troisième volet de cette approche, qui est intimement lié au second. Plusieurs fois au cours de l'étude que j'ai présentée sur les polyptyques, la notion de collage intervient. Par ailleurs, dans la première partie, l'idée initiale d'union et de réunion au sein d'une même image de trois espèces d'images, n'est-elle pas en elle-même une façon de concevoir un collage? Dans ce propos, nous pourrions même aller plus loin en esquisant l'idée d'hybridation.

Je vais tenter d'exposer succinctement ces deux options, qu'a pris en son temps une partie de ma recherche. Etant intimement liées toutes deux à l'approche primaire de la Trinité, elles ont été entraînées dans l'abîme des recherches dans lequel la Trinité s'est perdue. Cependant, elles ont fortement esquissé et influencé le travail entrepris sur les perspectives.

2.3.1 Le collage en peinture.

Avant d'aborder le collage électronique et l'incrustation, je souhaiterais énoncer quelques données sur le collage, tel qu'il s'est exprimé et développé au cours du XX^e siècle.

Le collage est apparu de façon frappante avec le Cubisme. Ce fut au début une juxtaposition, voire superposition, de papiers divers (journaux, cartons, etc...) découpés aux ciseaux ou plus brutalement déchirés. Quelle démarche et quels concepts ont pu mener à une telle idée de la représentation? Quelles en ont été les implications?

Il est important de noter dans un premier temps, que le collage est un moyen d'expression qui s'est amorcé avec le Cubisme. Le Cubisme est un mouvement qui a remis en cause les idées de la représentation installées depuis quatre siècles. L'espace et la représentation se trouvaient inscrits dans une nouvelle idée de la réalité. La réduction de celle-ci à un point de vue unique et fixe semblait beaucoup trop restrictive pour se réclamer du réalisme. La perception, inspirée par tous les sens et le mouvement du corps et des yeux devait être exprimée à son tour. Cette perception du mouvement et du déplacement spatial était liée de plus à une très grande sensibilité tactile. Le toucher devenait un sens de plus en plus important dans la représentation. Et quelle façon plus adéquate pour présenter la matière, que de la coller sur un support?

Au niveau du matériau, le collage consistait en une somme de fragments de réalité. Il permettait à la fois d'exalter le matériau dans les déchirures et coupures infligées à celui-ci, et par sa juxtaposition avec d'autres matières, il exacerbait le matériau dans ses particularités; sa résistance, son grain, son histoire, etc... Le collage est devenu dans l'Art Moderne un moyen pour présenter le réel sans recul, ni distance. De façon brutale, des objets ou des morceaux de matériaux se trouvent épinglés, thésaurisés sur une toile. On assiste au culte de la matière, de la réalité tactile au dépend de l'illusion des peintures dites "classiques" et de la photographie. A travers le collage, les arts plastiques s'approprient une nouvelle dimension de l'espace.

La nouvelle dimension que me permet de découvrir le collage est loin d'être innocente dans l'orientation qu'ont pris par la suite mes recherches.

Le collage a entraîné un déplacement dans les objectifs des arts figuratifs. Il ne se réclame plus de cette illusion de profondeur qu'induit le point de fuite instauré par Alberti depuis le XV^e siècle. Par la juxtaposition de surfaces, il annule tout effet de profondeur au profit d'un jeu rythmique et cadencé des surfaces. Les plans se heurtent, s'affrontent dans leurs contradictions, s'épanouissent dans leur complémentarité.

Le nouvel ordre optique instauré ne se réclame plus de la règle, du compas, des connaissances physique, optiques, chimiques ou autres, il se veut expression d'une vérité sensible liée à l'expérience des sens.

La nouvelle dimension qu'inspire le collage, détruisant tout repère logique, se joue parfois de ses contradictions. Prenons pour exemple certains collages de Picasso, et plus spécifiquement *Nature morte: violon et fruits*, réalisée en 1913 [fig.12]. Des morceaux de papiers journaux et de papiers peints sont juxtaposés, voire collés les uns sur les autres. Ce ne sont que des surfaces qui se jouent des rythmes et des diverses textures des papiers. La lecture d'un tableau semblable devient une lecture musicale s'imprégnant des rythmes, des textures et des valeurs, des contrastes et des nuances. On peut cependant noter dans le jeu paradoxal de ces surfaces un effet de profondeur rendu par le contrepoint graphique et le rapport des valeurs chromatiques. Le collage joue ici de son paradoxe. La frontalité des surfaces harmonisée dans son jeu polychromatique entraîne une profondeur, un jeu sur l'absence et la présence, comme nous avons pu l'analyser dans les polyptyques. Les repères euclidiens ont

disparu au profit du lyrisme et de la simultanéité des contrastes. L'espace pictural prend une nouvelle dimension; dimension tactile, dimension sensorielle avant toutes choses.

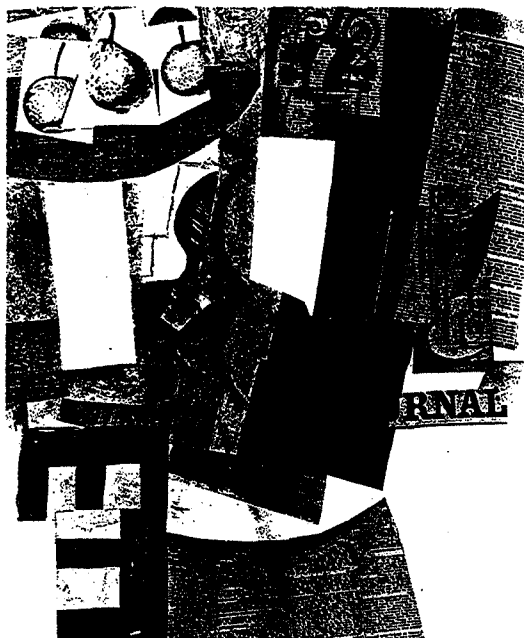


Figure 12
Nature morte: violon et ruits, par Pablo Picasso (1912-1913),
The Philadelphia Museum of Art, Collection Gallatin.

2.3.2 Collage électronique et incrustation.

L'écran vidéo est un support intégrant des images d'origines multiples: retranscription de dessins, peintures, photographies, films, vidéo, images de synthèse, etc... L'image lumière ramène tous ces modes de représentation à une même nature d'image, tout en conservant l'essence de chacune. Elle assimile et intègre des espaces radicalement différents. Dans l'idée de Trinité initiale, il y avait cette idée d'intégration, d'assimilation des espaces pour générer une nouvelle dimension de l'image. Afin d'étudier les développements et les implications de

semblables mixages, je me suis penchée sur les travaux réalisés par deux vidéastes: J.-C. Averty et Marc Caro.

Leur travail est loin de toutes recherches d'illusion. Ils tentent d'aguerrir le spectateur sur la nature trompeuse de l'image télévisuelle. Par le jeu de collages et d'incrustations, ils mettent en exergue la nature artificielle de l'image cathodique. Elle n'est pas vérité absolue. La manipulation flagrante de ces artistes doit entraîner une réflexion sur la malléabilité de l'image médiatique. Néanmoins, les travaux de J.-C. Averty et Marc Caro révèlent le côté illusoire de l'image en la traitant parfois avec des effets grossiers.

L'une des thématiques que l'on pourrait extraire de façon générale est celle de la carte: carte à jouer, carte postale, J.-C. Averty nous présente un monde qui semble s'écrouler comme un château de cartes, déployant des facettes incongrues où l'image se plie, se déplie, se découpe, se colle, s'incruste ou s'immisce. Les espaces sont assimilés à des surfaces. La tridimensionnalité des objets (si tridimensionnalité il y a!) est réduite à la bidimensionnalité de l'image. Comme dans les collages picturaux, l'espace télévisuel est considéré comme un plan sur lequel vont s'affronter différentes images. L'image lumière des luminophores est assimilée à une feuille de papier. Mais ici la matière que travaille l'artiste ne s'exprime plus dans sa matérialité et ses caractéristique tactiles; elle est combinaison de temps et de lumière. Elle est image éphémère, impalpable, inaccessible dans sa matérialité.

Les espaces ludiques que nous propose Marc Caro, montrent avec force cet univers non euclidien vers lequel nous entraînent les collages électroniques¹⁸. Révélant à la fois la nature et l'arbitraire de l'image, le collage électronique se joue de la profondeur. Dans son

¹⁸ Article de Thierry Defert et J.-Baptiste Touchard, "Marc Caro, réalisateur", extrait de *Pixel* n°6, p.18, 1989.

œuvre *Cirque Conférence* réalisé en 1989, la planéité des personnages est mise en évidence par leurs contorsions et l'évolution de chacun. L'un peut se déployer comme un accordéon, d'autres font la farandole comme une guirlande de silhouettes découpées [fig.13]. L'espace devient un espace accordéon où dans une image se déploie une autre image, qui à son tour en révèle une autre, où chaque image parfaitement plane, se plie et se déplie. Un ensemble de personnages, plats, sont disposés comme des pions sur la face de ce que l'on pourrait supposer être un cube. A chaque rotation, ce cube dévoile une nouvelle face ou un nouvel espace présentant à son tour cet ensemble de personnages. Puis le dompteur arrive; d'un anneau où s'anime une sorte de forme géométrique, surgissent quatre dromadaires, parfaitement plats eux aussi; puis une nouvelle piste de cirque paraît, où les personnages, comme ces marionnettes des ombres chinoises, semblent articulés par des attaches parisiennes. L'univers de Marc Caro joue de la nature résolument bidimensionnelle de l'image. Les images sont découpées, plaquées sur un décor.



Figure 13
Le Cirque Conférence, par Marc Caro (1989),
Ex-Nihilo.

Regardons à présent le travail de J.-C. Averty. Sur les images qu'il réalise, nous avons une juxtaposition d'éléments qui s'articulent dans des dimensions et des échelles différentes. La profondeur de champ à laquelle l'image vidéo nous avait habitués se trouve défiée. Les

images qui se plient, se déploient, se replient à l'infini prennent une nouvelle dimension. Par ailleurs, la répétition d'une même image qu'utilise souvent J.-C. Averty génère une fractalisation de l'image. Elle devient auto-reproductrice à la dimension n ; une image aux dimensions tentaculaires. Ces dimensions intermédiaires sont l'un des éléments rhétorique des collages électroniques. Par la fractalisation de l'image, J.-C. Averty génère des dimensions intermédiaires; ces dimensions intermédiaires sont exploitées de façon textuelle chez Marc Caro avec une présence très forte de rubans de Möbius dans ses œuvres ou de bouteilles de Klein.

L'un des derniers points, et non des moindres, qui concerne le collage électronique est sa réalisation technique. Lorsqu'en art plastique, un artiste réalise un collage, il y a non seulement juxtaposition d'éléments et de matériaux divers, mais aussi superposition. L'objet, collé sur un autre objet masque une partie de cet autre objet. Lorsqu'on effectue un collage électronique, les choses se passent de façon très différente. Quant J.-C. Averty réalise une scène, il se sert d'une table d'incrustation. Le principe de la table d'incrustation est le suivant: une scène est filmée ou prélevée sur un ordinateur. Dans cette scène, on a défini une certaine couleur qui deviendra transparente. En vidéo, et de façon générale, cette couleur est le bleu primaire de la synthèse additive. Ceci veut dire que tout ce qui sera bleu sur l'image deviendra invisible, et que dans la surface libérée une nouvelle image va pouvoir se placer. Le système consiste donc en une image de fond, sur laquelle vont se placer un à un les différents modules incrustés. Chaque incrustation constitue une couche. Mais ce que l'on appelle couche en collage électronique est très différent des couches d'objets ou de peinture que l'on rencontre dans les arts plastiques.

L'image d'un collage électronique est faite techniquement d'un seul signal. Ce signal est la résultante d'une image de fond, dans laquelle une portion a été remplacée par un objet issu d'une autre image. Il y a donc un trou dans l'image de fond qui a permis l'incrustation de la nouvelle pièce. Le collage électronique s'apparenterait beaucoup plus à un puzzle qu'à un collage. Tous les objets sont présentés sur un même plan; ils ont donc une frontalité évidente avec laquelle les vidéastes jonglent.

Néanmoins, ces couches peuvent parfois créer des effets d'épaisseur. En effet, à chaque couche d'incrustation, il y a une déperdition du signal de fond. Ainsi, à supposer que l'on prenne un paysage. Sur ce paysage, on va mettre une soupière. Le paysage perd un peu de sa définition. Puis on va mettre une vache devant la soupière. Une partie de la combinaison paysage-soupière va s'effacer pour incruster la vache; et par ailleurs, cette combinaison va perdre un peu de sa définition. A la même couche, l'image devient donc de moins en moins définie; par conséquent, une sensation d'épaisseur générée par l'opacité du signal peut apparaître. Cependant il est à noter qu'avec certaines tables de mixage numériques, on rencontre de moins en moins ce parasitage. Les images sont numérisées, c'est-à-dire transformées en tableaux de nombres, déterminant les valeurs chromatiques de chaque pixel. Lors de l'incrustation, si un pixel de l'image à incruster se trouve à la place d'un pixel d'origine, celui-ci va être remplacé en valeur chromatique par le pixel de l'image à incruster. Il y a une priorité accordée à l'objet incrusté. L'image est atomisée en une multitude de particules. Ce système est très proche de la mosaïque et de la marqueterie.

Ce jeu d'emboîtement et d'imbrication est très souvent exploité. L'image n'est plus traitée dans une illusion de profondeur et de spatialité; elle est découpée, ciselée, crénelée, et s'assume dans sa bidimensionnalité comme un puzzle.

2.3.3 Les dimensions et les lieux du collage.

Quelle est donc la nature de l'espace télévisuel? Quelles en sont les dimensions et dans quels lieux ces événements s'articulent-ils?

Dans tout collage, que l'on se place au niveau des arts plastiques (ou des arts "tactiles") aussi bien que des arts électroniques, il y a rencontre en un même lieu de réalités différentes. Souvent, ces réalités sont totalement étrangères les unes aux autres et fonctionnent dans des espaces dont les systèmes sont très éloignés.

Pour ne prendre pour exemple que *Le désir attrapé par la queue* de J.-C. Averty, où sont prélevés en vidéo des visages qu'il vient inscrire dans un oignon, une tarte ou un pied [fig.14]. Ces objets, dessinés sur une palette graphique de façon très stylisée servent de déterminant pour l'objet résultant de ce mélange. Nous avons donc mixage d'une "réalité", prélèvement optique, et d'une autre "réalité", combinaison arbitraire de pixels, issus de l'imagination. Le collage électronique permet donc de construire de nouveaux objets qui n'appartiennent plus à un modèle spatial défini. Il y a un glissement de l'image-espace, vers une image-langage. La confrontation de ces éléments, leur écriture conjointe, leur imbrication donne une nouvelle identité aux éléments présentés. Pour revenir à l'exemple précédent, le visage incrusté dans le pied, représente le personnage Gros-Pied, l'autre visage inscrit dans l'oignon illustre le personnage l'Oignon, etc...

Par ailleurs, le système d'incrustation est basé sur le principe de couches. Ces couches, par la numérisation de l'image, sont aujourd'hui difficilement identifiables. Dans ce labyrinthe

des incrustations, on ne sait plus quelle est l'image qui se trouve devant. Les images, plaquées sur des vitres transparentes coulissent les unes derrière les autres; il y a un abîme d'images. Le fond se perd dans l'épaisseur de l'image; il y a toujours une image derrière l'image. L'image-langage, l'image-écriture du collage électronique est une image palimpseste. Chaque couche masque une nouvelle couche, chaque image est voilée par une autre.

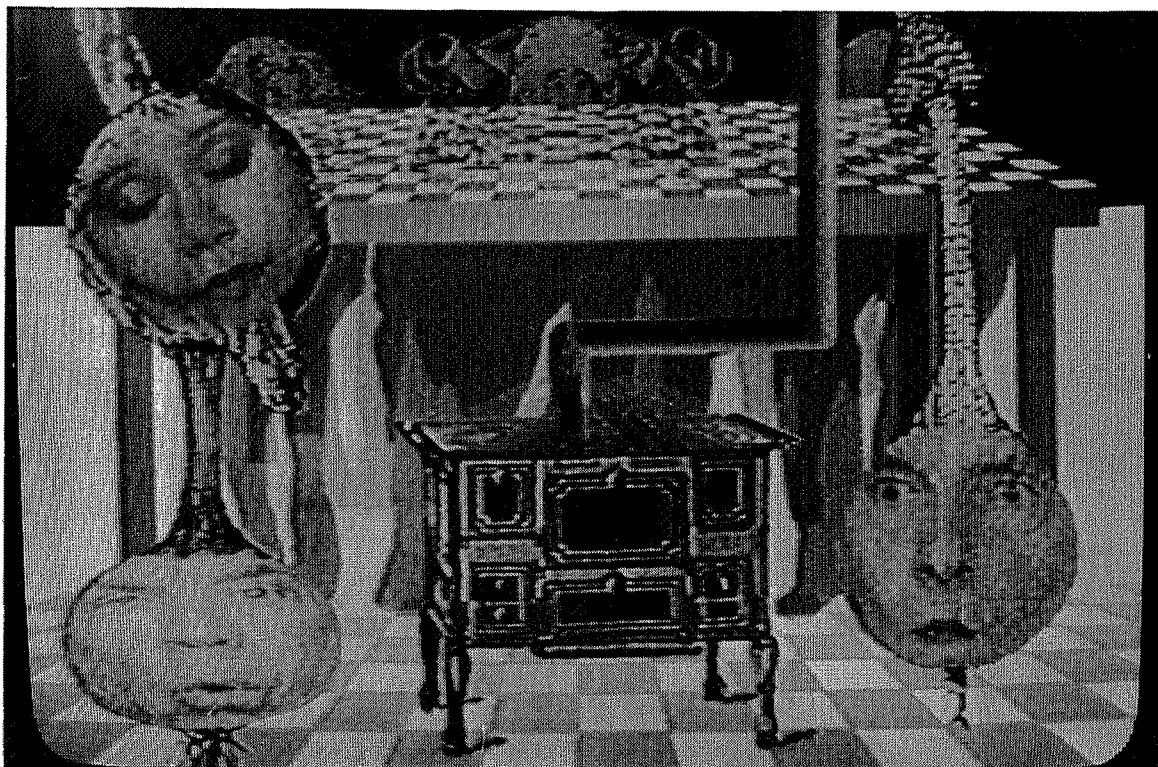


Figure 14
Le désir attrapé par la queue, de Jean-Christophe Averty,
d'après un texte de Picasso.

Le résultat du collage électronique pose donc de façon aiguë le problème du lieu et de la dimension de ces images.

De façon générale, on peut dire que le collage électronique se réclame en grande partie du surréalisme. Il se joue des différentes contradictions, heurte des réels différents. J.-C. Averty le définit comme un art de synthèse, regroupant tout ce que l'électronique peut capter, transformer, générer. Il y a une rupture avec la réalité. Mais de quelle réalité parle-t-on? Selon

Cocteau, un "art réaliste" serait "un art de pléonasmes et surtout au théâtre où le réalisme consiste à mettre en scène des objets réels qui perdent leur réalité au moment même qu'on les introduit dans un milieu factice"¹⁹. Le vrai, le faux; le réel et l'imaginaire. Ces questions vont se poser de façon de plus en plus pressante, et nous voyons émerger ici la question fondamentale qui sera à la base des recherches à venir.

L'image-collage-électronique induit un nouvel espace. Le plan de l'écran cathodique est construit par l'agencement de plusieurs espaces. Ces différentes scènes, points de vue divergents, images d'origines étrangères, génèrent un nouvel espace. Celui-ci se joue de sa matière et de sa nature. Il est lumière-temps. Il va donc devenir un espace temps où le rythme, la vitesse vont être les principaux outils d'écriture. On ne va plus parler de profondeur de champ, de perspective, de relief. L'écran est une surface. Il va donc s'assumer comme tel. La télévision dans son exploitation ordinaire, nie cette platitude. En permanence, les images vidéo génèrent des effets de perspective. Dans le collage électronique, on va se trouver face à une nouvelle réalité, une évidence de la "matière cathodique". Ce jeu sur la platitude, va être exploré dans ses moindres contours et détours. J.-C. Averty va réinvestir dans de nombreuses réalisations les révélations du Cubisme, en juxtaposant sur une même image différents points de vue d'un même objet; mais il va jouer aussi sur les effets de plis, de cadres. En cela, il rejoint les polyptyques. Il utilise des effets de coupure, des volets; positionne des personnages dans des cadres; fait parfois déborder les personnages, éclater les cadres. L'espace se construit, se détruit, se cloisonne et explose. L'image est une image en excès, une image grouillante, une image pressée, compressée, rapide et fugitive.

¹⁹ Jean Cocteau cité par Anne-Marie Duguet dans *Jean-Christophe Averty*, p. 42, Ed. Dis-voir, 1991.

Les images des collages électroniques ne peuvent se réduire à des surfaces, et ne concernent pas les volumes. Ce sont des images-musique, qui comme dans une symphonie sont composées de l'harmonie des timbres picturaux. Leur dimension essentielle ne se positionne pas dans l'espace, mais dans le temps.

2.3.4 Le tremplin d'une recherche.

Le temps, l'espace, la dimension, le système de projection et le réalisme, voici quelques-uns des thèmes qui découlent de cette approche préliminaire.

L'étude des lieux du collage électronique, directement lié à l'idée de Trinité et le mixage de trois sortes d'images, a entraîné un questionnement sur la nature des lieux de la représentation. Dans quels espaces s'inscrivent-ils? Quelles sont leurs visées? De là, la question du réalisme est devenue une évidence.

L'abandon de la Trinité, des polyptyques et du collage électronique s'explique de la façon suivante. Le collage électronique est une technique très développée où l'utilisation des palettes graphiques et d'images de synthèse mélangées à des images vidéo devient de plus en plus fréquente. Les lieux, parfois pervers, engendrés par ces mixages sont rarement questionnés. La prestidigitation électronique permet les effets illusionnistes les plus parfaits. Mais nous parlons ici d'effets et d'illusion. La référence, en matière d'illusion télévisuelle, étant le prélèvement optique de la vidéo.

Cette référence, remise en cause par les vidéastes utilisant de façon pertinente les tables d'incrustation, a été quelque peu ébranlée. Néanmoins, c'est également cette même référence

que l'on rencontre en images de synthèse. Or, dans ce domaine, et excluant toute autre technologie de l'image électronique, on n'a, à ce jour, jamais remis en cause la notion de profondeur de champ et d'effets de perspective. C'est donc dans cette voie, découlant naturellement des méandres et circonvolutions d'une étude balbutiante, que va s'orienter la suite des recherches.

3

PANOPTISME ET REGARD MULTIPLE.

Ce chapitre consiste en une mise en demeure de l'état des connaissances, des perceptions, des impressions et des interprétations visuelles. Il est axé sur les deux domaines essentiels concernant l'image: le côté physiologique de la question et les diverses exploitations et réponses apportées dans le domaine de l'Art et des sciences.

Le propos peut sembler très éloigné de la synthèse d'image puisqu'il se réfère principalement à l'histoire de l'Art, et de façon plus étroite à l'histoire de la peinture. Il m'a semblé cependant nécessaire d'exposer les différentes solutions apportées par l'Art au problème de la vision, afin de mieux comprendre que la perspective conique, comme modèle de représentation en synthèse d'image, s'impose en tant que choix esthétique et culturel, parmi une multitude de solutions. La légitimité et le réalisme de chacune de ces solutions, sont intimement liés à une culture et à des croyances.

L'exploitation et l'intégration de ces solutions en synthèse d'image peut permettre un repositionnement et une remise en question du mot "réalisme", présent dans tous les esprits des informaticiens. Quel est le sens de ce mot? Quelle est la légitimité de son usage pour un seul type de modèle? Voilà deux des questions essentielles que va tenter de traiter cette première partie.

3.1

LA PERCEPTION ET LE REGARD.

Une analyse essentiellement physiologique va être à la source de cette réflexion. A la lueur de quelques constatations sur la vision binoculaire, quelques réponses seront présentées. L'issue de cette partie, débouchant sur l'image-relief (qui ne rentre pas dans le cadre de cette étude), permettra de mieux cerner l'enjeu et les problèmes soulevés par la recherche de la représentation du volume, sur une surface unique.

3.1.1 La représentation : convention culturelle et religieuse.

Les tentatives de représentation du monde qui nous entoure ont été multiples au cours de l'histoire de l'art. Dans les peuplades primitives, représenter quelqu'un ou quelque chose, était lié à une appropriation d'une partie de l'âme de ce quelqu'un ou de ce quelque chose. La représentation de l'animal ou de l'être humain était souvent liée à des cérémonies magiques, célébrations de cultes.

L'expression du sacré a été l'un des principaux vecteurs de l'existence et du développement de l'art. Un objet devient art à partir du moment où il cesse d'être utilitaire pour assumer une fonction didactique, culturelle, voire décorative. L'art est la matérialisation de la pensée, le support de son expression et de son développement. Les préhistoriens ont

attribué aux diverses œuvres retrouvées des fonctions rituelles. L'art et la représentation, ont toujours été liés à une expression symbolique des grandes énigmes de la vie. Dans les civilisations primitives, ces énigmes ne portent pas à des réflexions aussi structurées et diversifiées que dans des civilisations évoluées, formées sur un canevas complexe de hiérarchie sociale et de rapports complémentaires entre les individus d'une cité. L'art lié au culte va être pendant fort longtemps l'un des principaux arts existants. Il est là pour dire, pour exprimer l'idée du divin et la communiquer à la majorité des personnes de la cité. Il est support de connaissance, outil de formation, tremplin de la dynamique abstractrice de l'esprit humain. Le christianisme à son tour, va se servir de la représentation et de l'art comme outil de propagande, seul moyen de faire connaître au peuple la grande épopée biblique et l'avènement du Christ.

L'art, intimement lié à la religion, ne sera jusqu'au XV^e siècle, qu'en grande partie expression du divin, reflet d'une société, de ses structures, de ses croyances. Les codes de la pensée spirituelle seront traduits dans les structures de la représentation. Incroyablement codé, il s'est peu à peu étoffé de règles liées à une symbolique. Ici le fond d'or exprime l'imperméabilité et la lumière divine; là le geste et l'attitude du personnage indiquent son apostrophe à Dieu; ailleurs c'est la structure du tableau toute entière qui est gérée par des règles définissant la taille des personnages selon leur importance sociale; ceux-ci sont juxtaposés les uns à côté des autres dans un souci narratif.

La grande nouveauté du Quattrocento va être son émancipation par rapport aux règles religieuses de la peinture. Les peintres de cette époque, et quelques précurseurs auparavant comme Giotto, vont non seulement tenter de raconter les épisodes de l'aventure biblique, mais aussi essayer de percer le mystère de la vision, et de la restitution la plus fidèle de ses

impressions. Peut-être l'art a-t-il été longtemps effrayé par les visions apocalyptiques de la mimésis exprimées par Platon. Mais il semblerait malgré tout que la religion, de plus en plus présente et importante, ait dicté aux artistes la trivialité des sens au regard de la noblesse de l'âme et de l'esprit. En tant que guide des âmes, elle a indiqué aux artistes des règles de représentation qui se rapprochaient le plus d'un idéal spirituel. La représentation avait jusqu'alors tenté de structurer la pensée, maintenant elle va essayer de codifier la perception empirique des sens ; de la vue. L'homme a maîtrisé d'une certaine façon la représentation du divin, il veut à présent dominer la nature. C'est ce que l'avènement de la perspective et du Quattrocento va permettre de développer. La remise en cause de la légitimité de ce système de représentation va attendre la fin du XIX^e siècle avec l'Impressionisme. C'est la rencontre de l'art et des sciences au XV^e siècle qui aura permis l'éclosion des règles de la perspective, et c'est à nouveau la rencontre de ces deux mondes qui va remettre en cause ce schéma culturellement admis.

3.1.2 La perception du volume.

Comment dire et comment écrire le relief aura été l'une des principales interrogations de l'art. Comment exprimer les trois dimensions du volume sur la platitude de l'écran et de la toile ? Quelle est la légitimité scientifique et physiologique du système brunelleschien ? Pourquoi tel regard serait-il plus vrai que tel autre ?

L'image de synthèse se veut simulatrice. Simulatrice des structures intrinsèques de développement des diverses formes de la nature, le rendu visuel qu'elle nous renvoie est-il en

accord avec le principe de simulation ou n'est-il que l'interprétation, révélation d'un système de représentation culturellement acquis? Qu'est-ce que la vision? Qu'est-ce que la perception?

Que je regarde la nature, un objet, une peinture, une photographie ou une image de synthèse, la perception visuelle des choses passe par une même et unique interprétation, celle de mon cerveau à travers mes yeux. Le point de vue de chaque œil est différent. Toute chose perçue visuellement passe par une stéréoscopie. Au niveau du cerveau, il s'effectue la synthèse de chaque information reçue par l'œil droit et par l'œil gauche; et, par la fusion de ces deux images rétiniennes, nous obtenons la sensation d'objet en relief. Ceci se situe dans le domaine primaire de la relation entre notre corps, au sens physique, et le monde, au sens matériel, par l'intermédiaire de la vue. Le corps étant le récepteur, le monde l'émetteur.

Lorsque l'artiste, le peintre, le photographe, l'infographiste tente de représenter le monde, il essaye de rendre, sur une image ce qu'il perçoit. Interviennent alors des rapports visuels très complexes. L'homme reçoit une image stéréoscopique du monde, qui fusionne au niveau de son cerveau pour lui rendre une image unique en relief. Il tente de retranscrire par son geste à travers un outil, le pinceau, l'objectif de l'appareil photographique, le modelleur d'images, une trace unique, point de vue unique, puisque résultant d'une image fusionnelle unique qui est à nouveau soumise au regard double de nos yeux.

3.1.3 La vision bifocale.

L'œil est souvent comparé de façon grossière à un appareil photographique, l'iris, par son ouverture sur la pupille jouerait le rôle de diaphragme, les lentilles seraient assimilées au cristallin et au liquide salé constituant l'intérieur de l'œil, et la pellicule à la cornée.

Cependant, la vision bifocale demande quelques réajustements en fonction de la distance entre les yeux et le point fixé. L'œil effectue de façon spontanée (si il n'y a pas de défauts : myopie, hypermétropie, etc...) un réajustement de sa lentille pour voir nettement l'objet fixé. L'image rétinienne est composée de deux zones de vision: une vision centrale dite fovéale qui est analysée, et une vision périphérique, qui semble moins efficace. Les deux yeux convergent vers un même point. Or cette convergence entraîne un phénomène appelé *diplopie*. Il s'agit d'un dédoublement des objets soit à l'avant, soit à l'arrière du point fixé.

Si par exemple je regarde un stylo à 3 cm du bout de mon nez, je vois un stylo net, et tous les objets derrière sont flous et doubles. A l'opposé, si je fixe un point de l'horizon auquel mon regard s'accommode, je verrai de façon floue deux stylos rapprochés. Ce dédoublement de l'image est cependant neutralisé par la capacité du cerveau à ne sélectionner, au niveau conscient dans une image, qu'une zone, celle sur laquelle le regard est ajusté, soit la zone fovéale [sch.3].

Le problème de la vision bifocale a été pris en compte dès l'apparition de la photographie. En 1835, un anglais, Charles Wheatstone²⁰ définit le principe de la stéréoscopie pour donner l'illusion du relief. En 1844, Daniel Brewster construit un appareil à double objectif. Au milieu du siècle, les premiers clichés font sensation et ajoutent au caractère dit "réaliste" de la photographie.

²⁰ Voir à ce sujet *L'histoire de la photographie depuis 1839 et jusqu'à nos jours*, par Neuhall Beaumont, Ed. Belier-Prisma 1967.

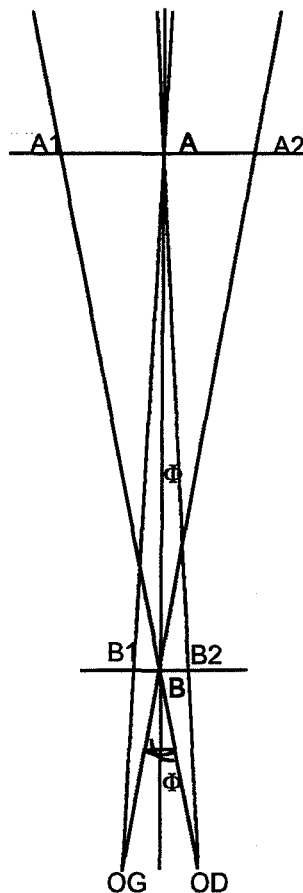


Schéma 3

Schéma du système de vision bifocale, dont la zone fovéale se trouve entre A et B.

3.1.4 Les réponses picturales.

Dans un tableau, une photographie, un film ou en images de synthèse, on ne considère que la zone fovéale. La zone de flou peut être rencontrée dans tout art utilisant une optique et une impression de la lumière. Certains travaux en synthèse d'images s'intéressent à cet aspect de la question. Nous pouvons à cet égard citer le travail de Michaël Potmesil et Indranil Chakravarty, qui permet de réaliser des images de synthèse intégrant la notion de focale. Ce système prend en compte la profondeur de champ, de la même façon que le ferait une optique de caméra ou d'appareil photo. Les deux objectifs de ce travail sont de capturer l'attention du spectateur sur une zone déterminée de l'image, la netteté permettant de sélectionner la zone

intéressante (comme le regard le fait spontanément avec la zone fovéale), et d'adapter en synthèse d'image les différents effets de profondeur de champ présents au cinéma²¹. Cependant, le dédoublement des objets flous proches ou lointains n'a à ma connaissance été pris en compte, que dans certains travaux cubistes, notamment ceux de Picasso, où certains personnages sont représentés sur une même toile selon des angles de vue différents. Il intègre à la représentation le phénomène de diplopie. Il peut certes à ce niveau de l'analyse sembler surprenant de rapprocher des travaux de synthèse d'image ayant pour objectif de simuler de façon de plus en plus précise la photographie et l'appareil photographique, et la peinture cubiste. Quelle est la nature des concepts et quels sont les objectifs de chacune de ces approches? L'un, la synthèse d'image, se réfère à la physique et à des règles d'optique, l'autre à une analyse sensible des phénomènes optiques. L'objectif de la synthèse d'image est avant tout un objectif scientifique de simulation. Néanmoins il semblerait que dans le cadre de cette recherche il y ait un désir de reproduction du phénomène physiologique de la zone vue avec certains objets nets et d'autres flous. Il ne s'agirait ici que d'une réalisation d'image isomorphes à l'œil. Plusieurs raisons à cela. L'œil et l'appareil photographique, au niveau du phénomène physique d'impression d'image sont isomorphes; l'image projetée est optiquement découpée en deux zones, l'une floue, l'autre nette; ce découpage physique est réglé par l'ajustement de la lentille dans sa distance par rapport à l'objet et à l'œil; l'image de synthèse intégrant la notion de focale reproduit mathématiquement le phénomène physique de projection de la lumière présent en photographie. Nous sommes dans le cas d'une vision monoculaire fixe. Pour ne retenir que l'une des composantes de cette conception d'image, soit la fixité, le regard se compose de deux yeux. La convergence des directions de regard en un point génère forcément un croisement de ces deux directions. Les deux points de vue différents génèrent deux images différentes, et semblables cependant en leur centre de visée, soit leur zone de netteté. Ces deux

²¹ Article de Michaël Potmesil et Indranil Chakravarty, "A lens and aperture camera model for synthetic image generation", extrait de *Siggraph'81*, p. 297-305.

images sont à l'origine du phénomène de diplopie. Le point de vue unique et fixe des images de synthèse justifierait donc l'absence de prise en compte de ce phénomène. La plus grande souplesse d'interprétation que présente la peinture, aurait semble-t-il permis d'intégrer ce phénomène. Certes, la peinture dans son classicisme référé au système brunelleschien aurait atrophié en partie ses impressions sensorielles au profit d'un concept de construction rigide et réducteur. Mais le cubisme²² redonnant au regard sa mobilité et sa multiplicité dans son parcours observateur ne pouvait laisser passer la prise en compte de ce phénomène. Représentant par exemple un même œil de face et de profil, une bouche esquissée trois quart face sur une joue trois quart dos [fig. 15]; un corps auquel s'attache le bas du visage lié en haut par le nez de face à un front décalé d'où s'égrène une chevelure en suspension. Le visage en sa base semble vu de profil; or un profil ne comporte qu'un œil dont le regard se tourne vers l'extérieur. Ici, l'œil tourné vers l'intérieur renvoie à un autre regard de face; celui que pourrait percevoir de façon différente l'autre œil du peintre lors du balayage complexe du modèle. Multiplicité des images, multiplicité des points de vue. Le phénomène sensoriel serait pris ici dans toute sa complexité et son hétérogénéité .

Il existe cependant, au niveau des techniques graphiques de perspective scientifique et artistique, des éléments de perspective binoculaire. Le principe de base régissant ce type de perspective se scinde en trois étapes :

1- au niveau de l'œil : sur chaque rétine se projettent deux images différentes et complémentaires;

²² Voir chapitre 3.2.9. *Des lieux et du cubisme*, p. 137.

2- au niveau du système nerveux : l'image rétinienne gauche est enregistrée dans la partie droite du cerveau et vice-versa;

3- au niveau cérébral : il s'effectue une coordination de ce couple d'images complémentaires, générant la sensation visuelle unique, qui engendre le relief visuel.



Figure 15
Femme assise dans un fauteuil, par Picasso (1941).

La technique graphique de restitution du relief visuel s'appuie sur un tracé bicolore (rouge et bleu) complété d'une prothèse oculaire (lunettes à verres bleu et rouge). Il faut que le filtre rouge occulte le tracé rouge, et le filtre bleu le tracé bleu. Sur le dessin deux projections se superposent ; une projection réalisée en fonction de l'œil droit, et une autre projection en fonction de la position de l'œil gauche, les deux yeux convergeant vers un point d'horizon commun. Si le dessin projeté de l'œil droit est en bleu, alors l'œil droit aura un filtre rouge pour effacer la projection rouge de l'œil gauche, et vice-versa pour l'œil gauche. Par ce système le relief devrait être restitué [sch.4].

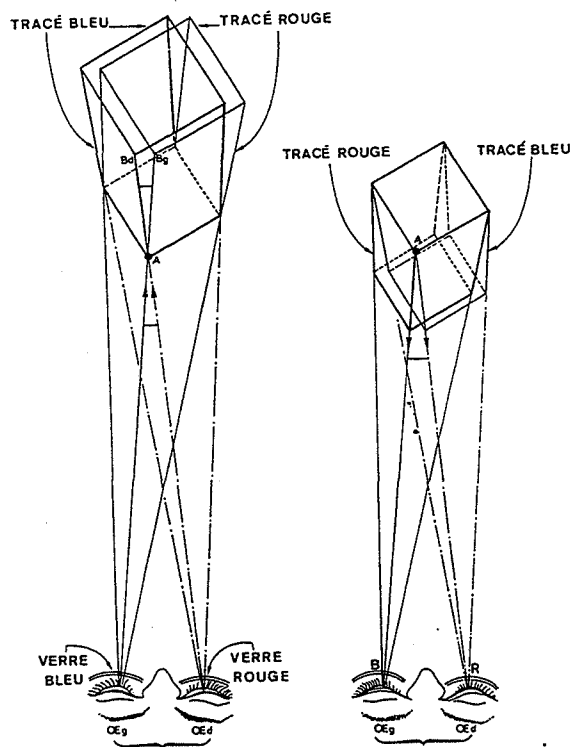


Schéma 4
Schéma du système de représentation graphique du relief.

Le problème de la stéréoscopie n'est toutefois pas si contemporain que cela, et questionnait déjà les explorateurs de la fin du XVIII^e siècle. Envoyé à la recherche de La Pérouse, un ingénieur hydrographe, Beautemps-Beaupré, ramena de son expédition un ensemble de cartographies des îles rencontrées, réalisées par l'intersection de vues établies à main levée sur le navire. En 1804, Wollaston, un physicien anglais, invente la chambre claire. Il s'agit d'un miroir prisme renvoyant l'image sur une tablette où on pouvait suivre les contours des arbres, des reliefs et des constructions à l'aide d'un crayon. Avec l'épanouissement des techniques optiques, le procédé sera mécanisé par Laussedat en 1849, qui eut l'idée de fixer le prisme à une lunette astronomique. Ancêtre de la photogrammétrie, permettant le relevé précis de la topographie des terrains, l'idée de Laussedat passera inaperçue en France, mais sera développée en Italie, au Canada et en Autriche.

Mais il ne s'agit là que de dessin linéaire, dont les tracés ont surtout une fonction technique. Qu'en est-il d'une image en relief, par conséquent d'une projection binoculaire, lorsque celle-ci est en couleur? Cette technique graphique prend bien en compte le phénomène de diplopie, mais a-t-on pu l'étendre et le développer en synthèse d'images?

3.1.5 Le relief en images de synthèse.

On peut noter que des travaux scientifiques, basés sur des observations physiologiques ont été entrepris aux Etats-Unis. L'interprétation tridimensionnelle semble donnée par la disparité entre les mesures des deux images rétinienne, qui permettent alors au cerveau de calculer l'éloignement du site sur lequel les yeux se sont fixés. Parmi ceux-ci, on peut citer, dans le cadre de travaux axés sur l'intelligence artificielle et devant permettre d'intégrer à des robots la vision stéréoscopique, Tomaso Poggio et David Marr, qui ont, au MIT²³ en 1976, conçu un algorithme de traitement de la stéréoscopie. A partir des expériences et analyses physiologiques sur la vue de Belà Julesz, ils ont extrait pour la conception de leur algorithme, deux contraintes : l'unicité de la position d'un point dans l'espace qui "implique que chaque élément de l'une des images possède une caractéristique unique et ne peut être apparié qu'avec un seul élément de l'autre image. La deuxième contrainte - continuité et opacité - implique que cette caractéristique varie lentement et continûment, sauf aux frontières des objets" ²⁴. Une extension théorique et pratique appliquée à l'analyse de photographies aériennes a été développée par Eric Grimson au LAI²⁵.

²³ Institut de Technologie du Massachusetts.

²⁴ Tomaso Poggio, "Vision humaine et vision par ordinateur", *Pour la science*, Juin 1984, n°84, p. 52.

²⁵ Laboratoire d'Intelligence Artificielle du MIT.

La stéréoscopie est en fait une recherche guidée par une volonté d'accession au relief, de simulation totale. Les travaux de Pierre Allio vont dans ce sens. Deux images sont juxtaposées l'une à côté de l'autre. Chacune est issue d'un point de vue différent supposant l'œil droit et l'œil gauche [fig.16]. Ceci se passe au niveau d'images fixes. Il a par ailleurs mis au point un système vidéo d'image en relief. L'image-relief implique une nouvelle façon d'aborder l'image, de la parcourir, de la regarder²⁶. On peut également signaler, dans la recherche sur les mondes virtuels, les scaphandres et les casques composés de deux écrans, un pour chaque œil, qui permettent une plongée indiscutable dans une tridimensionnalité vertigineuse.

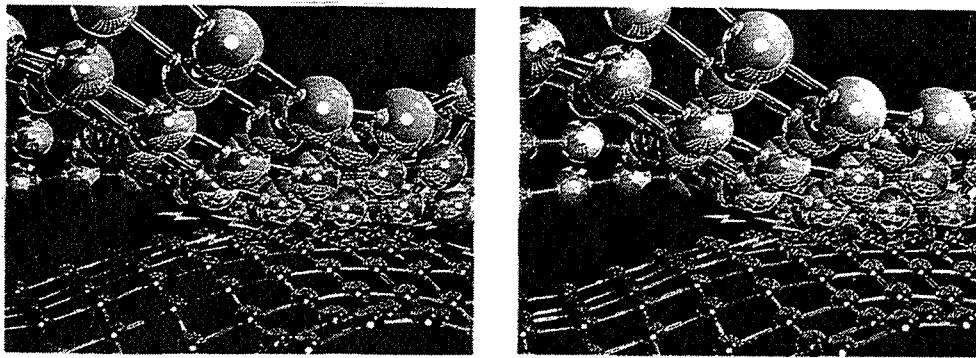


Figure 16

Images de synthèse donnant l'effet de relief par leur observation conjuguée. L'image est composée par une juxtaposition de bandes, avec une alternance de réflexion œil droit, œil gauche. Afin d'obtenir cet effet, il faut déposer sur les images une plaque formée de milliers de petites lentilles semi-cylindriques. Bien positionné, ce système permet de ne voir avec l'œil droit que les colonnes de l'image de droite, et avec l'œil gauche celles de l'image de gauche.
Melvin L Prueitt; Los Alamos 1990 (SIGGRAPH'90).

Nous pouvons, dans le cadre de ce bref aperçu, citer également l'hologramme de synthèse. Développé depuis 1960 par Lloyd Cross, S.Benton et P.Meyrueis, le S.I.T.H (Synthétiseur d'Images Tridimensionnelles Holographiques), qui réalise des vues tridimensionnelles. Ce procédé permet la réalisation d'une image bidimensionnelle dotée de toutes les propriétés de l'hologramme. Ces hologrammes de synthèse sont semblables aux hologrammes photographiques²⁷. En tournant autour de la plaque holographique, l'illusion de

²⁶ Propos recueillis par Annick Hémary, "L'image relief relève la tête", *Pixel*, Janvier 1991, n°10, p. 23.

relief est totale puisque l'objet change de point de vue en même temps que le spectateur se déplace. La fenêtre esquissée par Brunelleschi prend ici pleinement son sens.

Les travaux réalisés sur les mondes virtuels, sont de plein pied dans cette mouvance de recherche du relief en synthèse d'images. Il s'agit de casques, de visières positionnés sur les yeux. A chaque œil est assimilé un écran. Chaque mouvement de l'utilisateur est transmis à l'ordinateur. Celui-ci renvoie deux images répondant à la nouvelle orientation de la tête du spectateur. Ce dernier se trouve plongé dans le monde virtuel. Il ne se pose plus le problème de la projection et de l'adéquation du point de vue unique d'une image sur une surface unique soumise à la stéréoscopie du regard.

Dans ce type d'images, de projection, certes, le phénomène stéréoscopique de la vision est pris en compte, mais si l'image visionnée, comme il le semble par ce moyen de présentation du relief, doit être référée à l'image présente au fond de l'œil, elle est néanmoins le résultat d'une perspective linéaire, projection sur un plan. Or, la rétine n'étant pas un plan, mais une surface concave, qu'en est-il de la légitimité de la projection plane? N'est-ce pas une convention arbitraire, voire une fonction erronée?

3.1.6 Réalisme et réalité.

Cependant, l'image-relief est d'un autre domaine de la représentation, lié à des problèmes technologiques et physiologiques. Elle est prise, en synthèse d'image dans son sens robotique et non pas artistique. L'image que l'on dit réaliste aujourd'hui, c'est-à-dire dérivée

²⁷ Voir article de C. Liegeois, M. Grossman et P. Meyrueis, "Images tridimensionnelles hyperstéréoscopiques pour la visionneuse C.A.O", extrait de *L'image en architecture, les machines à dessiner*, catalogue d'exposition.

du choix esthétique, philosophique et culturel du point de vue unique, n'est que le reflet d'une certaine perception du monde.

La complexité de la perception pose de façon aiguë le problème de la représentation. Notre sensation de relief vient d'une vision bifocale. La représentation d'un objet, quel qu'il soit, est unique puisque transférée sur une surface plane (Je ne me réduirais ici qu'à la représentation sur une surface plane). La réduction de l'espace en trois dimensions à une surface en deux dimensions, a constitué l'une des plus grandes problématiques de l'image. L'image 3D de simulation, présentée sur un écran ou une photographie est-elle simulation de la réalité en tant que référent du réel, ou simulation de la réalité photographique?

3.2

STYLES ET MODELES DE REPRESENTATION.

Avant de poser la question sur la légitimité de la perspective conique utilisée dans les systèmes de simulation de la synthèse d'image, il me semble nécessaire de rechercher la nature et l'essence des différents styles et modèles de représentation caractéristiques de l'histoire de l'Art.

Certains moments historiques juxtaposés dans cette étude franchissent des gouffres de temps. Cette analyse n'est nullement fondée sur une volonté chronologique, bien qu'elle soit présente parfois, mais sur des modèles caractérisés. Il ne s'agit pas non plus d'une étude exhaustive, l'histoire de l'Art étant beaucoup trop vaste. Les questions essentielles qui sous-tendent cette partie sont avant tout axées sur les raisons qui ont pu motiver l'utilisation d'un modèle plutôt qu'un autre. La connaissance de ces raisons pourra permettre d'éclairer d'une lumière nouvelle la question essentielle du choix fait dans la synthèse d'image de la perspective conique, comme système de représentation de la simulation.

3.2.1 La bidimensionnalité de l'image.

La recherche de la définition de l'espace et des dimensions est intimement liée aux sens. Peut-on parler "d'espace visuel"? Ces deux termes ne sont-ils pas contraires?

Le sens de la vue est le sens de l'image. Est-ce que le sens de la vue est un sens du volume, un sens de l'espace?

Une personne aveugle connaît le volume, connaît l'espace. Elle le connaît grâce au toucher, à l'ouïe, aux échos sonores que renvoie le volume dans lequel elle se trouve, aux odeurs, qui définissent le cadre dans lequel s'inscrit le lieu, espace clos aux odeurs rances, espace aéré balayé par les vents marins. La somme de ces informations révèle ce que l'on appelle la tridimensionnalité. La primeur de notre sens visuel, le plus séduisant parce que le plus accessible et le plus présent dans notre monde contemporain, se fait au dépend des autres sens. Tous nos sens, sauf la vue, sont des sens de proximité; le plus intime étant le goût. La vue est le sens qui nous permet d'aller bien au-delà de notre espace humainement accessible. Elle met à notre portée ce qui ne peut l'être. Par la limitation de ses sens, un aveugle ne connaîtra qu'un espace de proximité²⁸. Mais il connaîtra mieux le volume et l'espace que quiconque, car ce sera par déplacement spatial qu'il devra l'appréhender, alors que le voyant l'interprétera dans un premier temps à travers un seul sens, la vue, qui ne s'inscrira pas dans la dynamique de cet espace. La vue, liée au toucher, va permettre de mieux sentir la tridimensionnalité de l'objet. Mais la saisie de la profondeur d'un paysage, uniquement soumis au sens de la vue, appartient-elle réellement à la notion d'espace et de volume, ou ne relève-t-elle que d'une *impression superficielle* en deux dimensions d'un agencement de taches de couleurs?

Dans un volume, il y a les trois dimensions: la largeur, la profondeur et la hauteur. Le sens visuel est composé de largeur et de hauteur. Mondrian a effectué une synthèse tout à fait

²⁸ Voir *La faim du tigre* de René Barjavel, Ed. Folio, 1976.

intéressante, réduisant le monde aux seuls axes verticaux et horizontaux, et aux seules couleurs primaires, rouge, vert, bleu, radicalisant les données structurales de la vision. La profondeur est-elle apparentée à la vue? Peut-on, par la vue, appréhender l'idée de profondeur?

Si l'on regarde au fond d'un puits, la lumière va peu à peu disparaître, pour ne laisser que l'impression de noir. Pour connaître la profondeur du puits, il suffit de lâcher un caillou dans le puits, et en fonction de la durée qu'il mettra pour atteindre l'obstacle du fond, l'ouïe nous informera, par un son plus ou moins percutant et par le laps de temps écoulé entre le lâcher de l'objet et l'effet sonore, de la profondeur de ce puits. Il en va de même par temps d'orage. La vue décèle le dessin de l'éclair qui foudroie l'horizon, mais elle n'est pas un sens suffisant pour évaluer la distance et la profondeur qu'il existe entre l'impression lumineuse bidimensionnelle qu'elle a reçue et sa position. L'ouïe, conjuguée à la vue, va permettre de déterminer la durée écoulée entre l'impression lumineuse et l'expression du tonnerre, et d'en déduire la distance qu'il y a entre l'endroit où la foudre a frappé et l'endroit où je me trouve.

La notion de profondeur, liée à la vue, est d'autant plus troublante, si l'on pense au miroir. Le miroir est une surface plane. La capacité de cette surface en deux dimensions à provoquer l'illusion visuelle de profondeur, donc de tridimensionnalité, n'est-elle pas révélatrice de la carence perceptive de la vue, qui recense comme espace volumique ce qui n'est que reflet sur une surface? Prenons par exemple une pièce, où chaque mur est tapissé d'un miroir. Le volume de cette pièce, par le seul sens de la vue semblera infini, alors que cette pièce a un volume défini et limité par les murs. Par conséquent, la vue peut être trompée sans difficulté sur l'idée de profondeur.

Néanmoins, lorsque nous regardons un paysage, une montagne, notre sens de la vue nous permet d'analyser le volume de cette montagne par le jeu de la lumière et des ombres. Le volume ne serait perceptible visuellement que par le phénomène conjugué de la source lumineuse ponctuelle et des effets de modelé rendus par les ombres qui en résultent. Par ailleurs, notre capacité d'interprétation visuelle nous permet de définir la position relative des volumes entre eux, dans le sens de la profondeur: devant, derrière. Le volume se réduirait donc, visuellement parlant à un dégradé des nuances, qui par analyse permettent de dire: ceci est rond, cela est carré, cet autre est conique, etc... Mais le dégradé chromatique, effet de la lumière sur le volume, est-il *la* troisième dimension²⁹?

La vue semblerait être un sens de juxtaposition sur un plan d'impressions de formes et de couleurs. Elle ne serait donc pas un sens du volume, pris dans son expression spatiale, avec des vides et des pleins. La troisième dimension ne viendrait à exister, pour le sens de la vue, que dans une dynamique visuelle, avec déplacement du regard, de la tête et du corps. Quelle serait alors la nature et la raison d'une image en trois dimensions? Peut-on parler de volume, de profondeur et d'espace dans un art qui se réfère à un sens qui serait étranger semble-t-il à ces notions, mais qui, par transposition et analyse expérimentale peut en déduire la nature?

Au cours de l'histoire de l'Art, nous pouvons noter différentes façons d'aborder le volume. Celles-ci sont liées à des évolutions plus ou moins prononcées, à des revirements sur la façon de percevoir le monde. L'Art, quel qu'il soit, est un plaisir *des sens*. Je n'ai pas dit uniquement plaisir de la vue. Qu'il soit pictural, ornemental, sculpture, il est avant tout la

²⁹ Jean Paulhan exprime très bien ce doute dans son ouvrage *La peinture cubiste* :

"Va pour la hauteur et la largeur. Mais votre troisième dimension, où la trouvez-vous? Certes l'arbre que je distingue à cent mètres me semble plus petit que l'arbre auquel je m'appuie. Certes les rails parallèles me paraissent au loin se rejoindre, et l'homme que j'ai croisé sur la route diminue de taille en s'éloignant. Mais qu'ai-je vu? Une distance grande ou petite, un arbre élevé ou bas. Quelque relief. Bref, des hauteurs ou des largeurs. La profondeur est une conclusion que j'en tire. J'en ai l'idée. Je ne la vois pas". Ed. Folio Essai p.105.

transposition de la nature à travers l'homme. Dans un bas-relief, dans une peinture, l'expression tactile aura autant de puissance que l'expression visuelle. Le toucher est un sens essentiel de l'expression picturale; il lui procure la troisième dimension à laquelle la vue ne peut accéder.

Dans l'analyse des différents modèles de représentation que je vais présenter, il se dégage un rapport troublant entre la nature de la civilisation dans laquelle s'inscrit cet Art et la façon de transcrire une impression visuelle.



Figure 17
Achille et Briseis, peinture murale de Pompéi reproduisant un original d'environ 330 avt J.-C.
Naples, Musée National.

Dans les sociétés où l'écriture et la pensée ont été fortement développées, comme la Grèce Antique ou l'Empire Romain, l'art pictural semble sensible à la notion de modelé. On

rencontre dans certaines représentations de l'art Hellénistique, datant du III^e siècle avant J.-C. des peintures murales où le modelé des corps rendu par la nuance des couleurs fait vivre la chair des personnages. Les visages sont représentés sous tous les angles possibles, trois-quart face, trois-quart dos, profil, etc...[fig.17]. Les protagonistes se présentent de façon complexe, dans une dynamique de circulation et de mouvement des corps. L'art Romain du I^{er} siècle avant J.-C. nous procure cette même impression. Les corps sont représentés sous tous les angles, dans un modelé remarquable rendu par les nuances des clairs-obscur. La dynamique des personnages et leur intégration parfaite dans un paysage travaillé dans la recherche maximale de rendu des volumes, sont autant d'indices de la conception avant tout visuelle de l'image et non pas spirituelle. Les peintres se servent de leur yeux avant toute chose[fig.18]. Puis, le Trecento, avec le développement de la pensée écrite, amorcé par l'art Gothique où le modelé de la nuance chromatique devient de plus en plus fin, de plus en plus puissant.



Figure 18
Ulysse au pays des Lestrygons, Fragment de fresque d'une maison de l'Esquilin,
40-50 av. J.-C.,
Rome, Musée du Vatican.

Le trouble auquel je faisais allusion plus haut est dû à la corrélation qui me semble exister entre le développement intellectuel et visuel d'une civilisation; de la connaissance à travers l'écriture, il semblerait résulter un raffinement de l'analyse visuelle. Tout se passe comme si le sens de la vue, permettant le décryptage de l'écrit, devenait un sens dominant,

oubliant par là même l'importance informatrice des autres sens, pour assumer seul ce que les autres, par atrophie au profit du dominant, ne parviennent plus à communiquer. De façon opposée, dans les civilisations où la culture et la connaissance passent de façon orale, on rencontre un mode de représentation où la surface s'assume en tant que telle, négligeant tout ce que la finesse des dégradés permet de palper. Allant plus avant dans cette voie, on peut noter que les civilisations dites "primitives" n'utilisent pas la peinture comme moyen d'expression, mais exclusivement la sculpture.

Que nous regardions des peintures de Moyen-Age ou de civilisations à culture orale à travers le monde, on rencontre ce même style de représentation en aplat. Prenons pour exemple la *Tapisserie de Bayeux*, datant du XI^e siècle [fig.19]. Les personnages sont découpés par un trait de contour à l'épaisseur régulière. A l'intérieur de cette frontière sinueuse illustrant un profil, un graphisme intervient pour informer sur le personnage. Emprisonnés dans les circonvolutions de leurs silhouettes, leur gestes sont rigides. Ils se juxtaposent les uns aux autres comme les figurines d'une guirlande découpée dans un morceau de papier. Serait-ce dû à une plus grande grossièreté de l'analyse visuelle liée à la finesse et au développement harmonieux des autres sens? Ou bien serait-ce le fait d'une volonté narrative, voire scripturale, de donner à l'image un statut intermédiaire, à la fois de la représentation et de l'écriture? Dans un tout autre milieu de l'Art, ce que Jean Dubuffet a nommé l'*Art Brut*, on rencontre ce même modèle de représentation, à la fois dessin, silhouette de l'objet représenté, à la qualité calligraphique [fig.20]. La foule des spectateurs dont les visages sont symbolisés par la conjugaison d'un rond à moitié colorié de noir dans lequel s'inscrivent deux petits points donne une impression de page minutieusement écrite; ces signaux calligraphiés se marient parfaitement dans leur rupture rythmique avec les lignes d'eau du bassin de natation.



Figure 19
Tapissierie de Bayeux, dite "de la reine Mathilde",
 Broderie de laine sur toile de lin, XI^e siècle.
 Bayeux, Musée de la tapisserie.

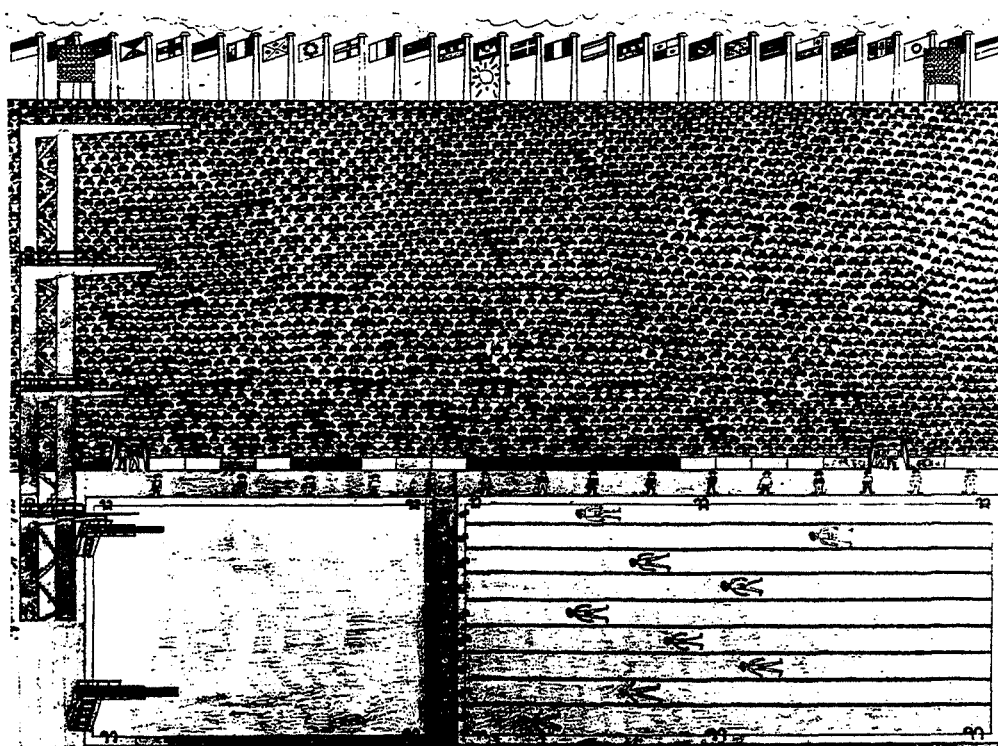


Figure 20
 Dessin de Helmut, extrait de la collection de l'Art Brut,
 Lausanne, Musée de l'Art Brut.

Cet art que l'on peut dire à deux dimensions serait le résultat d'une perception brute du monde, non travaillée par le raffinement de l'observation visuelle auquel le déchiffrement de l'écriture a entraîné. La notion de volume, de troisième dimension, voire d'espace visuel, ne serait que la résultante d'une mutation perceptive et intellectuelle, un hyper-développement du sens visuel. Cette réflexion ne constitue qu'une approche des modèles; un premier sentiment.

L'approfondissement de cette hypothèse va nous permettre soit de la confirmer, soit de l'infirmier.

Mais je souhaiterais interpréter de façon plus précise et plus approfondie les différents styles de représentation qu'il me semble intéressant d'étudier. De voir quelles sont les incidences culturelles et religieuses sur chaque modèle, et d'essayer de comprendre dans quel cadre et pourquoi aujourd'hui le concept du point de vue unique et fixe est reconnu comme le seul modèle de représentation réaliste. Quelles sont les différentes analyses des historiens de l'art sur l'imperméabilité de la surface picturale?

3.2.2 L'imperméabilité de la surface picturale.

Dans les modèles de représentation en deux dimensions, nous pouvons retenir deux périodes de l'histoire de l'Art. Ces deux époques se trouvent fort éloignées historiquement l'une de l'autre. Elles révèlent néanmoins, dans leurs modèles picturaux, la même volonté de représentation en deux dimensions, la même ignorance (volontaire ou non, nous le verrons plus loin) du volume ou de la troisième dimension.

Pourquoi, dans des contextes historiques, géographiques et culturels aussi différents que l'Art égyptien, débutant 3000 ans avant J.-C. et s'achevant au IV^e siècle avant J.-C., et l'Art byzantin ou l'art du Moyen-âge, allant du VI^e au XIV^e siècle environ de notre ère, retrouve-t-on une nature d'image aussi semblable et aussi proche dans sa conception spatiale ? Quels rapports culturels, voire culturels, les individus de ces civilisations avaient-ils avec l'image ?

Dans un premier temps, il me semble intéressant de définir les raisons qui ont motivé pour telle culture et pour telle autre le choix de la planéité. De relever les incidences d'un tel choix, la dérivation qui s'opère peu à peu; partant de la représentation, passant par l'idéogramme, pour déboucher sur l'écriture.

Prenons d'abord l'Art égyptien³⁰. Pendant trois mille ans, cet art s'est développé, a prospéré avec plus ou moins de rigueur, subissant plus ou moins les influences extérieures. Le chant du cygne ne s'est cependant produit que vers 330 avant J.-C., lorsque libéré du joug perse, l'Egypte reconnut en Alexandre de Macédoine le fils véritable de Dieu et l'héritier de tous les pharaons. La pensée hellénique en contradiction totale avec la pensée égyptienne, est venue de son souffle éteindre la flamme spirituelle de l'esprit égyptien, cultivée depuis des millénaires. Mais avant toute chose, il s'agit de définir la nature du rapport à l'image qu'entretenaient les individus de la civilisation égyptienne.

L'Egypte de l'époque pharaonique était guidée par des croyances très fortes sur la magie. Le monde, semblait-il, était gouverné par des forces omniprésentes, invisibles, aux pouvoirs surhumains. La représentation de quelqu'un ou de quelque chose devait alors composer avec ces croyances. Ainsi, il paraissait impensable et fortement présomptueux de vouloir retranscrire une impression visuelle personnelle des choses. Le résultat d'une telle représentation donnait obligatoirement une distorsion de la réalité. Par conséquent une telle volonté picturale ne pouvait aboutir qu'à un objectif contraire à celui défini à l'origine. L'œil ne devenait qu'un sens secondaire de l'art pictural. La primeur revenant à l'esprit. Le monde ne pouvant être représenté de façon réaliste, était idéalisé. Dans le calme de l'esprit, dans la rigueur de la pensée, dans la structure géométrique d'une conception mathématique, l'aspect

³⁰ Sur ce sujet, référence à l'ouvrage de Cyril Aldred, *L'Art égyptien*, Ed. Thames & Hudson, 1989.

des choses se modelait. Les œuvres d'art devaient répondre à des canons de proportion. L'Art, pour l'égyptien de l'Antiquité, était avant tout lié à une idée d'adresse. Adresse de l'exécution, mais aussi adresse de construction, d'organisation. L'idée de proportions, de règles et de canons géométriques était essentielle. Afin de s'y conformer, les égyptiens avaient mis au point une technique stupéfiante. Pour réaliser les bas-reliefs, ils réalisaient une "mise au carreau", en claquant contre le mur un fil trempé dans la peinture. Les claquages étaient effectués à intervalles déterminés de façon verticale et horizontale. Sur la grille ainsi dessinée, le dessin réalisé par le concepteur pouvait être reporté à une échelle supérieure. La notion d'agrandissement, de changement d'échelle d'une image implique déjà un esprit fortement évolué, une pensée mathématique étonnamment élaborée. Cet ordre mathématique, vecteur principal semble-t-il de la culture égyptienne, se rencontre de façon encore plus évidente dans les constructions picturales. Le concept égyptien de l'espace était avant tout basé sur une charpente mathématique. L'égyptien avait conscience que son univers était une boîte traversée par deux axes se recoupant à angle droit. Chacun de ces axes était apparenté aux points cardinaux : nord-sud, est-ouest. Cette perception orthogonale de l'espace ramenait donc l'univers cubique à un plan. Dans ce plan s'articulaient ensuite les deux formes géométriques de base : le triangle et le rectangle «sacré».

L'idée sous-jacente de cette volonté bidimensionnelle de l'art égyptien paraît de façon tout à fait limpide. Ayant une grande clairvoyance quant à la réalité intouchable du monde, l'égyptien se soumet à la sagesse de son esprit afin de modeler le monde non pas tel qu'il existe dans sa réalité sensorielle, mais tel qu'il pourrait exister dans sa réalité spirituelle. L'observation visuelle se trouve reléguée au second plan, supplantée par le raffinement de l'esprit. N'était-ce pas cependant une forte domination du mysticisme qui aurait entraîné les peintres à se soumettre aux règles édictées par les messagers des dieux? La crainte religieuse

et la croyance très forte dans les pouvoirs des esprits pourrait également expliquer cette soumission de la représentation aux modèles divins.

C'est une même ferveur spirituelle que l'on retrouve dans l'Art du Moyen-âge, dont les plus riches exemples se trouvent dans l'Art byzantin. Ce que l'on nomme aujourd'hui "réalisme" ne les intéressait nullement; l'Art était avant tout au service des croyances et de la foi. Comme en Egypte, l'artiste, dans sa dénomination actuelle, n'existait pas. Il était avant tout considéré comme un artisan et non comme un créateur. Dans l'Art byzantin, on rencontre également un conservatisme extrême quant à la façon de peindre. La primeur n'était accordée ni à une fidélité à la vue, ni à la "qualité" de l'exécution, mais avant tout au respect des modèles établis. Il fallait que la représentation soit fidèle aux poses et caractéristiques définies; en un mot qu'elle soit orthodoxe³¹.

Afin de permettre aux saints d'être et d'exister de façon sublime et majestueuse, ceux-ci étaient plaqués sur la surface matérielle et impénétrable d'un fond d'or. Le fond d'or exprimait à la fois l'imperméabilité, l'inaccessibilité, mais faisait également miroiter de ses mille feux toutes les richesses d'une ferveur sans limites. Il avait à la fois ce rôle de miroir et de porte au delà de laquelle s'ouvrait un monde aux valeurs et richesses supérieures.

L'image servait de lien avec la divinité. Les byzantins avaient une grande foi dans leurs saints. Ils accédaient à eux par l'intermédiaire de reliques. Mais peu à peu, le portrait des saints parut comme une alternative acceptable pour l'intercession avec les divinités.

³¹ Article de Antony Cutler, "L'Art byzantin", extrait de *L'histoire de l'Art*, Ed. Larousse en 2 volumes, p. 201, 1985.

Nous rencontrons dans l'Art égyptien, ce même phénomène de basculement de la sacralité de l'objet à la sacralité de l'image. La substitution s'est effectuée très lentement. Les rites de consécration, dans un premier temps destinés aux offrandes, se sont peu à peu destinés aux images d'offrandes, leur attribuant par là même un pouvoir et une efficacité semblable aux boissons et nourritures véritables enterrées avec le défunt. Par ailleurs, on peut noter que l'animisme de l'esprit égyptien va parfois même plus loin, croyant que la statue d'une personne ou d'un animal peut s'animer, voire devenir vivante!

Dans l'Art byzantin, la planéité est là, semble-t-il, au contraire, pour donner aux personnages représentés une immatérialité, une évanescence voilée et dévoilée par la présence violente du fond d'or. Le corps égyptien est un corps qui attend d'être rappelé à la vie. Le corps byzantin est un corps qui permet d'accéder à une autre vie. Dans les deux cas, les corps plats sont destinés à la vie. Nous verrons plus tard que les représentations dites «réalistes», sont des représentations vouées, pour la plupart au culte de la mort, à une fin en soit. De façon générale, nous pouvons dire que les modèles de représentation en deux dimensions sont des modèles destinés à dire des vérités éternelles.

Le dernier point que je voudrais souligner dans cette approche de l'image en deux dimensions, c'est le caractère scriptural d'un tel mode de représentation.

Les images égyptiennes sont parfois reconnues, plus en tant qu'idéogrammes qu'en tant que peintures. Elles relèvent de l'idée et non pas d'une réalité. La même remarque pourrait être formulée en ce qui concerne l'Art byzantin. Il est intéressant de noter dans l'Art égyptien, l'évolution qui s'effectue au cours des siècles, passant de l'image à une sorte

d'écriture, pour parvenir aux hiéroglyphes, commentaires et descriptions de la scène illustrée. Les personnages répondaient à des codes et des règles précises.



Figure 21
Tombe de Thèbes Ouest,
Montouemhat, quatrième prophète d'Amon, avec un porteur d'offrandes.
Fragment d'un relief en calcaire. Vers 650.

Nous pouvons noter, de façon égale dans les deux époques, que la taille des personnages était intimement liée à leur importance. Ainsi, dans l'Art égyptien, la juxtaposition de personnages de tailles différentes sur un même plan est très courante. Elle signifie la supériorité d'un personnage sur les autres, soit par son statut social, soit par son âge plus avancé. Dans ce bas-relief de l'époque couchite prélevé dans une tombe de Thèbes Ouest [fig.21], nous pouvons remarquer que la supériorité spirituelle du prophète Montouemhat par rapport au porteur d'offrandes est représentée par une dimension largement supérieure à la taille attribuée au porteur. On retrouve une convention semblable dans les œuvres du

Moyen-âge où, comme dans cette enluminure du XIV^e siècle, St-Jacques est de taille beaucoup plus grande que le pèlerin [fig.22]. Parmi les codes et les règles de représentation, on peut également noter que les gestes et les attributs sont répertoriés, donnant un caractère encore plus idéographique aux images de ces époques. Par exemple, dans l'Art égyptien, les enfants sont des adultes miniatures, dont le manque de maturité est exprimé par l'absence de vêtements et une attitude puérile (le doigt devant la bouche par exemple). Plus les personnages auront une importance sacrée, plus ils seront idéalisés; plus ils seront au bas de l'échelle, voire des étrangers, plus ils auront une représentation "réaliste", servile et sans dignité.



Figure 22
Saint Jacques et un pèlerin, Enluminure du XIV^e siècle,
 Postilles sur les épîtres de saint Paul,
 Bibl. mazarine, Paris.

Les attributs sont également importants pour désigner l'identité du personnage représenté. Dans l'Art du Moyen-âge, on rencontre semblable lexique, où chaque objet désigne le personnage, où chaque geste définit la nature de son propos. Il suffit de se reporter à la grammaire des gestes et attributs pour *lire* l'image³². L'image n'est plus regardée, voire contemplée, mais lue.

³² A ce sujet voir l'ouvrage de François Garnier, *Le langage de l'image au Moyen-Age, I: signification et symbolique*, Ed. Le Léopard d'Or, 1982.

La nature idéographique de ces images en deux dimensions est l'une des caractéristiques les plus importantes. L'image n'a pas une vocation esthétique, mais une fonction didactique. Elle est là avant tout pour dire; pour raconter la vie du défunt aux dieux égyptiens; pour expliquer la foi aux croyants. Centré avant tout sur un message, il ne s'agit pas d'un art de l'expression émotionnelle mais d'un art de l'expression culturelle. Dans ces civilisations profondément différentes, on rencontre le même phénomène de repli de la fonction visuelle au profit de la fonction spirituelle. L'esprit domine les sens, l'esprit dicte aux sens, l'esprit réduit les sens à une grammaire, à un vocabulaire purement conceptuel. L'image n'est plus représentation, elle est dénomination.

La fonction essentiellement différente de l'Art, par rapport à notre civilisation, explique en quelque sorte la conception radicalement différente de l'espace. Il ne semblerait pas, comme dans l'hypothèse que j'ai formulée plus haut, que ces modèles soient liés à une quelconque grossièreté du sens de la vue, mais que bien au contraire, évaluant de façon précise et pointue les travers et défauts de ce sens, la vue de l'esprit soit devenue dominante. L'art avait pour fonction de rendre visible l'invisible. Il n'était pas là pour donner l'illusion de la vie mais pour décrire ce que les mots ne pouvaient dire. Par ailleurs, la puissance des croyances et la crainte des pouvoirs divins ne me paraissent pas innocents dans le cadre de cette soumission des sens à l'esprit. Mais une discussion quant aux motifs réels qui ont fait se développer pendant des siècles une représentation en deux dimensions avec une absence de modelé, me semble du ressort d'historiens de l'art, voire d'une thèse sur la question...

3.2.3 De la surface au modelé.

Le volume aurait été dans un premier temps appréhendé à travers le relief. On rencontre nombre de réalisations utilisant cette technique dans l'Art égyptien. Ce propos peut sembler contraire à ce qui a été développé précédemment. Mais il faut bien considérer le fait que la bidimensionnalité de l'image s'exprime principalement dans le style de la représentation. Représentation en contours très caractéristique, où le personnage est déplié sous tous ses aspects importants : visage de profil, œil de face, bras de profil, torse de face, jambes de profil, bassin de face, etc... Chaque technique de représentation en relief est apparentée à une nature d'éclairage. Le *bas-relief* était utilisé pour les espaces intérieurs à la lumière diffuse et faible. Dans le bas-relief, les personnages et inscriptions apparaissent en saillie, tandis que l'arrière plan se trouve creusé. La technique opposée, le *relief en creux*, où les sujets sont creusés, se rencontre principalement sur les murs extérieurs, exposés au soleil.

Le relief permet d'écrire l'image au gré des variations lumineuses du soleil. Cette intervention directe de la lumière dans l'écriture picturale, lui apporte sa dimension "naturelle". Son appartenance au monde des sens, dans le sens de leur sensibilité. L'image n'est pas figée; elle dévoile ses mystères par le mouvement de ses ombres guidées par le parcours du soleil. L'image vit en symbiose totale avec la nature. Elle est vue de l'esprit révélée par le Dieu Soleil.

Peut-on parler cependant de volume dans un cas semblable?

D'un premier abord, il ne semble pas. Le relief aurait été utilisé avec la même volonté mystique de traduction du divin. Le dieu Soleil écrit l'image. Regardons à présent d'autres époques de l'histoire de l'Art, pour tenter de rechercher les sources de notre perception et transcription du volume.

A l'époque où l'Art égyptien s'est éteint, nous avons vu que la raison principale en était l'adoption par les égyptiens d'Alexandre de Macédoine. Adoption qui va de pair avec l'assimilation de la culture macédonienne; par conséquent ce que l'on nomme de façon générique : l'Art grec.

Le "réalisme" grec, proche de notre conception du réalisme, s'est principalement développé entre le III^e et le I^{er} siècle avant J.-C. Il est basé avant tout sur l'observation de la nature. La démarche est complètement opposée à celles que nous avons vues précédemment. L'homme souhaite avant tout imiter la nature, la débusquer dans ses moindres replis. L'œuvre d'Art prenait alors une fonction radicalement nouvelle; elle n'était plus objet d'intercession entre l'homme et le divin, mais un moyen pour l'homme de se mesurer avec Dieu. Les maîtres n'existaient plus; il ne s'agissait pas de copier untel ou tel autre, mais le seul maître avoué était la nature [fig. 17]. N'est-ce pas Platon qui décriait fortement cette volonté perverse des artistes de son époque pour imiter la nature, générant par là même un leurre propre à troubler l'ordre social, voire l'ordre naturel! Cependant, cette révolte de Platon était fortement compromise par l'affirmation d'Aristote pour qui le but de l'Art est l'imitation³³. Vers la fin du second Art classique, allant aux frontières du IV^e siècle, l'expérience prit de plus en plus le pas sur l'Idée. A la fin du V^e siècle avant J.-C., le peintre Appolodoros fut le premier à introduire les dégradés des ombres. Le modelé du volume, le rendu de la matière, furent des préoccupations

³³ René Ginouvès, *L'art grec*, Ed. PUF, 1964.

de plus en plus prépondérantes. Zeuxis fut l'artiste cité par Platon pour l'illusionnisme de ses représentations, avec le fameux épisode de la grappe de raisin peinte que les oiseaux venaient picorer. La recherche du réalisme³⁴ va, au cours de l'Art hellénistique, être poussée à l'extrême, jusqu'à dégager un expressionisme puissant inspiré par les aspérités de la laideur et l'exergue des tensions dramatiques des corps (apparition des veines, muscles crispés, etc...). Par ailleurs, au cours du III^e et surtout du II^e siècle, les décors de théâtre ont permis des expériences très poussées sur la représentation des profondeurs. Il est fort probable que ce champ d'expérimentation ait été à l'origine du développement d'un système scientifique de perspective, la *perspectiva naturalis*. Une importance de plus en plus grande va d'autre part être accordée aux paysages.

On retrouve également l'inspiration de la nature dans les œuvres pompéiennes situées autour de cette époque. Leur caractéristique essentiellement novatrice par rapport aux œuvres de l'Art Hellénistique est la présence de fenêtres en trompe-l'œil. L'observation de la nature a ouvert les volets sur la fenêtre de l'analyse visuelle, de la représentation par les sens, et non pas celle de l'essence divine, cloîtrée dans sa spiritualité aveugle.

3.2.4 L'idée de fenêtre.

C'est dans l'Art romain et l'Art grec du I^{er} siècle avant J.-C. que l'on rencontre les premiers vestiges les plus nombreux et les plus convaincants d'une représentation aux règles issues d'une théorisation de l'observation de la nature. Certes, il s'agit pour la plupart des sujets de commémorer ou d'immortaliser un instant important de l'histoire.

³⁴ Le terme réalisme est à rapprocher ici de la mimesis.

L'une des choses les plus frappantes, est le nombre de représentations de fenêtres en trompe-l'œil. Cette appréhension de l'espace s'est amorcée au début du I^{er} siècle avant J.-C., dans le premier style, dit style "à incrustation", qui simulait en trompe l'œil de fausses colonnes sur la paroi peinte. Vers 70 avant J.-C., dans le deuxième style, aux colonnes en trompe-l'œil viennent s'ajouter de fausses percées qui laissent voir au-delà du mur. On assiste à une ouverture de la paroi.

Peut-on parler de perspective lorsqu'il s'agit d'illusion; simulacre de fenêtres, de paysages? Dans quelle conception de l'espace s'inscrit ce type de représentation?

Il semblerait, d'après un texte de Vitruve³⁵, que les problèmes de construction, de structuration de l'espace représenté, après analyse visuelle voire géométrique, n'aient pas été ignorés. L'étude de la géométrie de la vue et sa codification était l'un des domaines de la recherche picturale de l'époque. La connaissance de la diminution des grandeurs apparentes semblait acquise, ainsi que la fuite des lignes autres que parallèles au plan esquissé. Cependant, la conception spatiale et géométrique de l'époque n'aurait pas été en corrélation avec l'intuition naissante d'espace en trois dimensions. Il faut noter que dans la science et la philosophie grecques du IV^e siècle avant J.-C., l'espace était conçu comme non-homogène. Il est possible de penser que l'espace était appréhendé comme anisotrope; selon Platon, ceci serait dû à des variations géométriques locales; selon Aristote aux différences d'orientation imposées au substrat. Mais cette version de l'assimilation de l'espace proposée par Hubert Damisch ne me satisfait pas vraiment. Certes Platon et Aristote sont du IV^e siècle avant J.-C. et Euclide se situerait au III^e siècle avant J.-C.; mais Euclide effectue cependant une synthèse et une structuration de la représentation et de la compréhension de l'espace qui découle

³⁵ Citation de Hubert Damisch dans son ouvrage, *L'origine de la perspective*, p. 70, Ed. Flammarion.

forcément d'une évolution de la conception de l'espace. Par ailleurs, nous pouvons également citer les travaux de Démocrite et d'Anaxagore sur l'optique³⁶. Mais il est à noter que ces travaux destinés à la physique et à la science n'ont pas pénétré le domaine de la peinture et de la représentation. Ce qu'Euclide a introduit est à la base de la conception moderne de l'espace et du volume. L'espace, selon Euclide, est isotrope³⁷. Or, nous pouvons constater que la perspective "antique" était utilisée de façon courante au I^{er} siècle avant J.-C. et s'était élaborée et affinée pendant les deux voire trois siècles antérieurs, donc postérieure à Euclide. Expliquant la perspective "antique" par une conception anisotrope de l'espace, il est troublant que deux siècles après Euclide l'espace ait toujours été pensé comme tel. Nonobstant, l'explication d'une conception anisotrope de l'espace pourrait se justifier par une difficulté à intégrer dans le domaine des arts les découvertes de la science (ce que tentera malgré tout de faire Vitruve dans son œuvre majeure, *Dix livres sur l'architecture*).

Il est intéressant de noter alors deux visions de l'espace. L'une en trompe-l'œil, comme Vitruve qui recherchait l'illusion de profondeur dans les décors de théâtre, issue d'une observation approfondie de la nature, l'autre qui semblerait construite d'après des règles établies suite à une conceptualisation d'observations. Ainsi, la représentation semble déchirée entre une conception isotrope de l'espace et des règles, apparemment fondées sur une conception anisotrope. A ce propos, il me semble nécessaire de faire référence à l'éclairage qu'apporte Panovski sur la question³⁸. En effet, d'après un texte de Vitruve extrait des *Dix livres sur l'architecture*, il semblerait qu'il fasse état d'un centre de projection nommé *circinus*

³⁶ Voir *La perspective comme forme symbolique* de Erwin Panovski, Ed. de Minuit, p. 73.

³⁷ La conception isotrope a, de nos jours été remise en question par Einstein, grâce à son expérience sur la relativité des dimensions et du temps (à ce sujet se référer à l'explication de Paul Virilio dans son ouvrage: *La machine de vision*, p. 56-57, Ed. Galilée). Nous pouvons constater que cette découverte datant du début du siècle, et ceci malgré les moyens de communication et de diffusion modernes, n'a toujours pas été assimilé dans notre interprétation de l'espace, qui s'appuie toujours, comme nous le verrons plus loin, sur les théories du XV^e siècle.

³⁸ Voir *La perspective comme forme symbolique* de Erwin Panovski, Ed. de Minuit, p. 71.

centrum. Cependant, cette interprétation est extrêmement nuancée par Panovski. Néanmoins, l'importance de la présence de ce modèle de projection dont le manque de rigueur de construction est certain, est l'un des traits majeurs de la représentation de l'espace de cette époque. Pour cela, je voudrais citer deux exemples.

Sur une fresque du I^{er} siècle avant J.-C., par conséquent postérieure à Euclide [fig.23], on peut constater que le trompe-l'œil architectural semble construit sur des bases proches de celles de perspective du Quattrocento. Les colonnes bordant les fenêtres s'alignent les unes derrière les autres, semblant fuir en une direction commune. La partie supérieure horizontale de la fenêtre peinte a une largeur importante alors que la partie inférieure horizontale ne trace qu'une ligne, répondant à l'idée même de contre-plongée de l'observateur face à l'objet observé.



Figure 23
Salle des masques de la maison d'Auguste,
sur le Palatin.
Fresque du I^{er} siècle avant J.-C.

Dans une autre peinture, peinture murale située également au I^{er} siècle avant J.-C., on rencontre une construction assez semblable, où le personnage est représenté, encaissé dans une sorte d'alcôve [fig.24]. La notion de perspective va être abordée à travers les poutres

dessinées au plafond, qui amorcent une construction géométrique mesurée de l'espace. Le tracé des lignes de fuite des poutres fait apparaître ce que l'on nomme de façon générique la perspective "antique", ou perspective "à axe de fuite" ou perspective "en arête de poisson". Cette perspective est à la fois démonstration de l'assimilation, d'après observation, d'une construction mesurée de la diminution des dimensions, suite à l'éloignement des plans parallèles au plan figuré; mais également la révélation de l'impossibilité de l'esprit à concevoir, par extrapolation, une construction cartésienne et généralisable de cette notion primaire.

La perspective "antique" s'inscrivait donc dans un schéma culturel particulier, où la pensée se formalisait de façon scientifique et expérimentale, mais où elle ne possédait pas encore les connaissances suffisantes pour se systématiser. Cette construction de l'espace semblerait se conformer avec l'axiome angulaire de l'ancienne optique. La projection se ferait comme en perspective brunelleschienne, mais sur un "cercle de projection". Ainsi, d'après ce mode de construction, la convergence des lignes se trouve atténuée, et celles-ci se rencontrent sur un axe de projection³⁹. La perspective "antique" est donc une façon de concevoir l'espace, conception qui est restée pendant fort longtemps comme dominante, puisqu'on rencontre ce type de perspective jusqu'au XV^e voire XVI^e siècle.

³⁹ Voir *La perspective comme forme symbolique* de Erwin Panovski, Ed. de Minuit, p. 74.

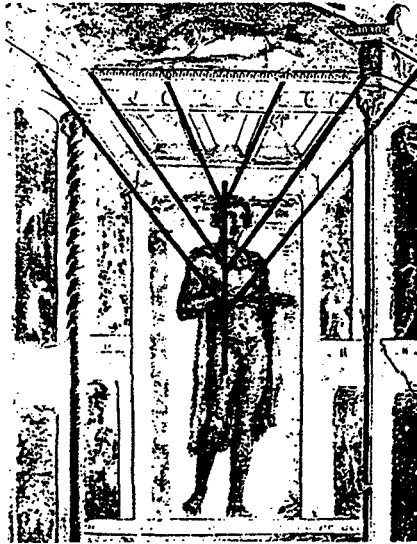


Figure 24
Stuc et peinture, fragment d'une décoration murale du "quatrième style", provenant de Boscoreale, I^{er} siècle, Musée de Naples.

Il est important de noter ici qu'une partie dominante de l'Art du Moyen-âge a fait table rase de cette conception de l'espace pour affirmer la surface en tant que telle⁴⁰. La destruction de ce concept a semble-t-il été salutaire pour l'émergence d'une nouvelle approche de l'espace, cette fois-ci beaucoup plus cartésienne et démontrable. Le Moyen-âge a eu pour tâche de fondre en une unité de style et d'espace ce qui n'était jusqu'à présent que juxtaposition de choses singulières.

Il est très délicat d'extraire une règle générale de la perspective "antique", car dans toutes les zones problématiques, à savoir le milieu de l'image où se croisent les "arêtes de poisson", la difficulté était surmontée par l'application d'un personnage, qui de sa corpulence obstruait la zone de conflit. On rencontre alors deux objets singuliers juxtaposés l'un sur l'autre, afin de masquer le travers de cette illusion d'espace.

⁴⁰ Voir le chapitre 3.2.1. *La bidimensionnalité de l'image*, p. 94.

L'ouverture de l'espace pictural par l'assimilation de la surface de représentation à l'idée de fenêtre ouverte sur le monde, va réapparaître dans le 1^{er} quart du XIV^e siècle. Ce sont principalement Duccio et Giotto, qui dans l'Art siennois du Trecento vont reprendre l'idée antique de fidélité à la nature. Duccio sera beaucoup plus préoccupé par le modelé à travers la couleur et la ligne; Giotto de son côté aura des centres d'intérêts beaucoup plus plastiques et tirera son inspiration de la nature⁴¹. Chez ces deux artistes néanmoins, la reprise en compte de l'idée d'observation et de retranscription sera surtout inspirée par la *maniera greca*; à savoir la perspective antique. Ils seront à la base d'un mouvement qui permettra à la perspective brunelleschienne d'éclore, le Gothique. Insouciant, raffiné, précieux, décoratif, ce mouvement sera une étape nécessaire à l'élaboration de l'idée du tableau comme surface perméable à la projection de la vision. Dans les œuvres de ces peintres, les objets commencent à se décoller de la surface.

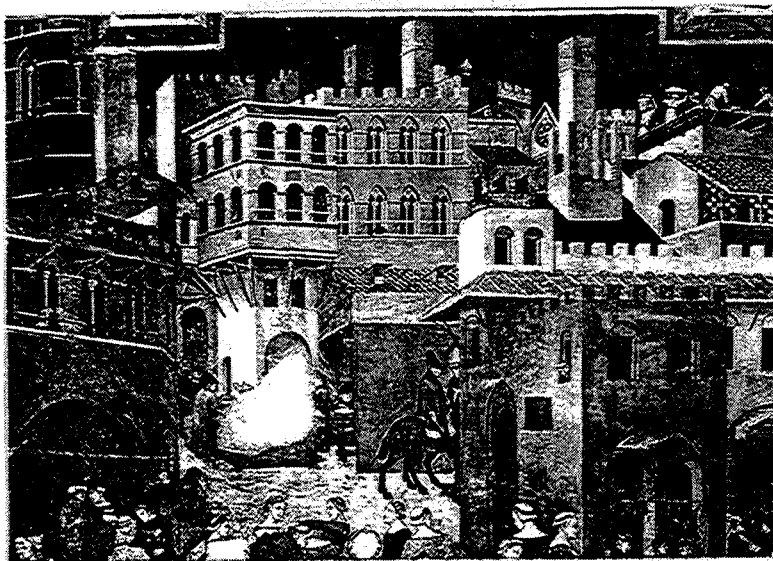


Figure 25
Les effets du bon gouvernement, par Ambrogio Lorenzetti,
 Fragment de fresque, 1337-1340.
 Sienne, Palais public.

C'est chez les Lorenzetti qu'apparaissent les premières amorces de la perspective à point de fuite. Pietro, le plus âgé des deux exécute des œuvres aux couleurs vives, dérivant

⁴¹ Bellosi Luciano, *Giotto*, Ed. Philippe Sers, 1989.

probablement de Duccio⁴². L'espace et la perspective s'expriment par des rapports de lumière raffinés et des zones de couleurs qui forment un dessin très varié. Ambrogio, de son côté, construit ses images de manière à ce que le volume et l'espace semblent se projeter à la surface du tableau. Leurs œuvres sont cependant typiquement gothiques dans leurs expressions mais annoncent déjà l'avènement de la perspective à point de fuite. On peut ainsi observer dans un fragment de sa fresque "*les effets du bon gouvernement*" des réminiscences du gothique dans l'inadéquation entre la taille des personnages et des lieux, mais néanmoins ressentir dans le tracé, le modelé des couleurs, les prémices de ce que conceptualisera plus tard Brunelleschi [fig.25], et formalisera Alberti.

3.2.5 *La perspective brunelleschienne, ou perspectiva artificialis.*

Le mouvement d'émancipation de la représentation par rapport à des règles de l'esprit va s'affirmer de plus en plus. Les artistes de la Renaissance vont à nouveau se pencher sur les modes de représentation que l'on rencontrait dans l'Art grec et romain, et vont tenter d'extrapoler et de réinvestir ce sur quoi l'époque moyenâgeuse avait mis le voile. Une petite nuance quant à la conception de la formation de l'image va être d'une importance capitale. Il ne s'agit plus de concevoir, comme chez Euclide, le regard comme émetteur de rayons définissant les objets; mais de se considérer, artiste, comme récepteur du monde visible. Dans son traité de 1435, Alberti imagine les rayons visuels "comme un faisceau de fils tendus et d'une grande finesse, réunis en une tête très pointue, qui pénètrent à l'intérieur de l'œil"⁴³. C'est à partir de cette inversion du concept que va pouvoir s'élaborer la perspective à point de fuite.

⁴² Voir l'ouvrage de Jacques Dupont et Cesare Gnudi, *La peinture gothique*, Ed. Skira, 1990.

⁴³ Traduction de Jean Louis Schefer du texte d'Alberti, *De la peinture. De pictura (1435)*, Livre I, p. 82-83, Ed. Macula Dedale, 1992.

Une question vient immédiatement à l'esprit. En synthèse d'image, dans le processus de visualisation du tracé de rayon, c'est le principe euclidien qui se trouve appliqué. L'œil lance des rayons à travers un espace quadrillé, et la rencontre d'objets définit la couleur du pixel concerné par ce rayon. Or, nous venons de voir que l'inversion de ce concept a permis l'élaboration de la perspective conique. Par conséquent il est curieux de voir que cinq siècles plus tard, le va-et-vient entre les différentes conceptions de l'espace visuel n'a pas fini son cheminement, et que dans quelque conception de l'espace que l'on soit, chacune conserve sa légitimité quant à la "réalité" de ce qui est représenté.

En quoi consiste l'expérience brunelleschienne? Quelle est la nature et la raison d'une semblable construction de l'espace? Quelles ont été les dérivations de cette conception première, qui ont amené une telle perspective à être aujourd'hui dans le monde de la synthèse d'image, le système de visualisation des images de simulation, des images dites réalistes?

Le principe de base de l'expérience brunelleschienne semble à la fois très simple, mais relève cependant de mystères qui n'ont à ce jour été élucidés. C'est vers 1425 que Brunelleschi montra pour la première fois son système de représentation. Il réalisa sa première expérience sur la place San Giovanni à Florence. Le principe de base, qui est à l'origine de la perspective conique, consiste à considérer l'œil comme sommet d'une pyramide visuelle. Brunelleschi s'était placé sur le parvis, du côté de la cathédrale Santa Maria del Fiore, tournant le dos au baptistère San Giovanni. Devant lui, il avait installé un miroir reflétant le baptistère et son visage en partie masqué par le panneau de bois sur lequel il allait s'appliquer à reproduire ce qu'il voyait dans le miroir. La position de son œil allait être fixée par un point défini sur le miroir et un axe lui permettant de déterminer une distance et une direction constante de son œil au miroir. Vraisemblablement, la mécanique mise en œuvre pour une telle

expérience semblerait être celle que Dürer représenta plus tard, à savoir une sorte de cure-dent vertical permettant de définir et de conserver une position exacte pour l'œil par rapport au miroir. Ce mécanisme est exposé par Alberti, dans son traité sur la peinture, où il explique la technique utilisée pour obtenir le tracé du contour des objets: "je crois que l'on ne peut rien trouver de plus pratique que ce voile que j'ai l'habitude avec mes amis d'appeler "intersecteur" et dont j'ai inventé l'usage. Il est fait de cette manière: c'est un voile de fils fins, tissé lâche, teint d'une couleur quelconque, divisé au moyen de fils plus épais en autant de bandes de carrés qu'on voudra et tendu sur un cadre. Je le place entre le corps à représenter et l'œil, de façon que la pyramide visuelle pénètre à travers les jours du voile"⁴⁴. Avec une minutie infinie, il allait reporter chaque nuance, chaque contour sur sa planchette: une *tavoletta*. Puis il creusa un minuscule trou au milieu de sa tavoletta, déterminant la position idéale de l'œil pour obtenir l'effet parfait d'illusion. Il poussera cet effet à l'extrême en plaçant sur les surfaces où le ciel paraît des bandes de métal argenté, reflétant le mouvement des nuages dans le ciel.

Le problème de la présence incontournable du reflet du visage de Brunelleschi sur le miroir reste cependant entier. Plusieurs hypothèses sont émises. Néanmoins, le résultat est stupéfiant. Lorsque Brunelleschi propose à un passant de venir coller son œil dans un petit trou derrière un petit panneau de bois pour voir ce qui se passe, le spectateur voit une partie de sa personne reflétée par le miroir placé devant lui, mais également et surtout la continuité semble-t-il du baptistère. Il retire le miroir et il voit exactement la même chose (les parties de sa personne en moins!). Le spectateur se trouve alors saisi dans la spirale infinie du réel et de sa représentation. La scène réelle et son image se ressemblent comme deux gouttes d'eau⁴⁵.

⁴⁴ *Ibidem*, Livre II p. 146-147.

⁴⁵ La théorisation de ce concept, on la doit cependant à Alberti qui mit en forme dans son traité sur la peinture ce que l'expérience de Brunelleschi révélait. Il dédicace d'ailleurs son traité *De pictura* à ce dernier. Les objectifs de la peinture seront très clairement énoncés: "Nous attendons qu'une peinture semble en relief" (*Sed picturam expectamus eam quae maxime prominenens*) Ouvrage cité p. 119, Livre II, p. 150-151.

Brunelleschi, par son expérience, a placé le spectateur au cœur du tableau. Il révèle la place désormais centrale que va s'attribuer l'homme dans le domaine de la représentation. Mais il soulève également l'une des questions essentielles posées par la perspective: d'après cette expérience, le visage devrait être au cœur de l'image. Par quel truchement, par quel système, l'œil, et par extension le visage, qui permet de rendre visible l'image, devient-il invisible? Comment Brunelleschi a-t-il pu passer au travers de sa propre image, tout en se mettant au cœur de sa représentation? Cette question ne fait pas partie de notre recherche, mais elle constitue néanmoins l'un des grands mystères de la mise en place de la perspective.

3.2.6 *Le volume dans la peinture flamande.*

Le concept de l'homme positionné au cœur de la création picturale ne s'est pas seulement développé dans la perception renaissante italienne, mais également en Europe du Nord. La formulation qui en a été donnée est tout à fait différente, et véhicule cependant une idée semblable.

Ainsi, on retrouve chez Jean Van Eyck dans *"Le double portrait dit d'Arnolfini et de son épouse"* [fig.26] au cœur du tableau, un miroir convexe dans lequel on peut deviner la présence du peintre (au-dessus du cadre du miroir, il indique d'ailleurs en toutes lettres *"Johannes de eyck fuit hic"*). Cependant, l'espace pictural n'est pas conçu comme en Italie, comme une boîte ouverte sur l'infini, et dont chaque point présent à l'intérieur de ce volume se projette vers un point unique, l'œil. Il n'y a pas en soi et selon un concept de construction abstraite et mathématique, de perspective. Le volume est surtout rendu par une grande sensibilité à la modélisation des lumières et à une observation époustouflante des matières, des textures et de la nature. L'espace du tableau n'est pas appréhendé selon des règles de

projection, établies sur des bases géométriques simples (damiers au sol permettant de positionner dans leur projection et de façon rigoureuse les personnages). L'espace est ressenti comme une masse compacte de matière, sur laquelle se joue la lumière avec ses nuances et la caresse délicate de ses rayons sur les textures.



Figure 26
Le double portrait dit d'Arnolfini et de son épouse, par Jean Van Eyck, 1434,
Londres, National Gallery.

Du XIV^e au XV^e siècle, les peintres flamands font appel à des procédés anciens mélangeant, sur des fonds décoratifs et des motifs géométriques, quelques volumes construits selon une conception empirique de la perspective. La précision d'orfèvre que l'on rencontre dans l'art des peintres flamands trompe souvent. Chez Van Eyck, on rencontre fréquemment dans ses peintures, des fenêtres ouvertes sur un paysage dans lequel s'inscrit une cité dont la retranscription fidèle des modelés, des couleurs, des jeux de clair-obscur, et la précision infinitésimale quant à la représentation des plans éloignés, donnent l'illusion de perspective

construite et habile. L'habileté ne se situe pas dans la technique mathématique de projection, mais dans l'acuité et la sensibilité visuelle de l'artiste. La notion de fenêtre ouverte sur le monde est par ailleurs renforcée par le fait que le tableau ne délimite pas les bords de la pièce, mais ne représente qu'une partie de celle-ci laissant supposer un espace, un volume, qui s'étire en dehors de la peinture.

L'effet de profondeur est parfois rendu par une enfilade de volumes (rochers ou autres) qui coulisent les uns derrière les autres. Les architectures sont souvent beaucoup plus symboliques que réalistes; les carrelages (mesure géométrique et rigoureuse de la peinture italienne) sont là avant tout pour la symbolique d'espace vaste au volume imposant. La carence quant à la rigueur géométrique de la construction se décèle principalement dans le décalage que l'on rencontre entre les intérieurs ouverts, baignés par une lumière diffuse, parfois surnaturelle où les objets sont disposés et représentés selon une perspective empirique, et les ouvertures sur des paysages imposants de méticulosité⁴⁶.

La matière et les textures sont les points essentiels de la peinture flamande. Elle se veut expression des sens, transposition du toucher. L'esprit d'observation est encore plus proche de la nature que dans l'Art italien. Aucun jugement esthétique, philosophique voire idéologique ne vient modifier l'aspect des choses. Il s'agit avant tout de vérité. Ceci transparait principalement dans la représentation des personnages. Les flamands s'appliquent à reproduire le plus fidèlement possible, et parfois avec déliquesence les articulations marquées, les mains rudes, les aspérités et difformités de leurs modèles. Le réalisme de ces représentations est parfois poussé à l'extrême, comme dans le "*Retable d'Issenheim*" de Grünewald où, pour

⁴⁶ Jacques Lassaigue, *La peinture flamande. Le siècle des Van Eyck*, Ed. Skira, 1957.

représenter le corps du Christ cloué sur la croix, le peintre s'est inspiré des dépouilles des pestiférés soignés dans le couvent d'Unterlinden où il a fait son étude pour le retable.

Cette manière et cette finesse issue d'une grande tradition de miniaturistes, est également due à une technique et une maîtrise picturale que ne connaissait pas encore l'Italie de cette époque. Les peintures italiennes étaient avant tout des fresques, où la matière picturale n'avait pas l'importance accordée dans la peinture flamande. En effet, ce fut dans les Flandres que fut mise au point et développée la peinture à l'huile, permettant par diverses techniques, dont celle des glacis, des effets de transparence et de profondeur inédits; des natures d'éclairages et de matières insoupçonnés. Ceci expliquerait l'approche du modelé à travers la lumière qu'ont eue les flamands par opposition à l'approche raisonnée du volume des italiens. Vers 1460, on rencontrera pour la première fois dans la peinture flamande une construction de la perspective appuyée sur la connaissance de la technique italienne, dans les œuvres de Dierec Bouts.

De façon générale, nous pouvons établir l'évolution de la représentation du volume de la façon suivante. Après s'être centrée sur la spiritualité, l'évolution de la conception picturale a placé l'homme au cœur du tableau. Il est curieux de constater que ce déplacement du sujet, du divin à l'homme, s'est effectué de façon semblable et (semblerait-il) sans communication, en Europe du Nord et en Italie. L'homme, en tant qu'exécutant et spectateur, s'est cependant exprimé dans son regard de façon très différente. Le raisonnement et la mesure ont guidé l'esprit italien, alors que la touche et la lumière ont modelé la peinture flamande.

Comment ont évolué ces conceptions qui se sont rencontrées pour la première fois un peu après le milieu du XV^e siècle? Vers quelle rupture et quelles idées novatrices, la fusion et l'évolution du mélange de ces deux techniques nous ont-elles conduites?

3.2.7 La touche: fragmentation de l'ordre visuel.

La place de l'homme au cœur de l'image marqua en quelque sorte une certaine conscience de domination de ce dernier sur la nature. Avec plus ou moins d'adresse, ce système reconnu comme idéal se déclina avec plus ou moins de brio. Le débordement des sentiments exprimés inclina le public à assimiler la qualité du tableau à la qualité narrative des éléments présents. Dans le second quart du XIX^e siècle, l'apparition de la photographie permit de poser, de façon aiguë et critique le rôle et la nature de l'art. Qu'est-ce que l'art pictural? Quelle est la nature de la perception visuelle retranscrite dans l'Art?

La photographie est en elle-même directement liée au système brunelleschien et à l'antiquité. La photographie est liée à l'évolution d'une technique de reproduction de la nature que l'on suppose connue depuis l'Antiquité. Il s'agit de la *camera obscura* [fig.27]⁴⁷. Cette supposition quant à l'existence antique de la camera obscura, provient de la présence de fresques où l'on ressent l'utilisation de la perspective conique. Le système de la camera obscura est l'ancêtre de la photographie. Un miroir incliné permettait de refléter un paysage à l'intérieur d'une boîte, sorte de chambre obscure à dimensions humaines. L'image reflétée par le miroir à travers un trou pouvait être reproduite à l'intérieur de cette chambre trait pour trait. Mais la dimension minuscule de l'image rendait cette tâche difficile, voire impossible. A la fin

⁴⁷ Sylvie Desvarte, chercheur au CNRS, attribue quant à elle cette invention à Alberti, expliquant que lors de son premier séjour à Rome de 1432 à 1434, Alberti "s'attache à l'étude des ruines antiques et à la réalisation d'expériences optiques à l'aide de miroirs, inventant, semble-t-il, la *camera obscura*", Introduction à *De la peinture. De pictura*. Traduction de Jean Louis Schefer du texte d'Alberti, ouvrage cité p. 119, p. 26.

du XVI^e siècle, Giambattista della Porta installa à la place du trou de la camera obscura une lentille, permettant l'agrandissement de l'image à l'intérieur de la boîte. La technique des optiques (ou des objectifs) se développa fortement jusqu'au XVII^e siècle. Au XVIII^e siècle, la camera obscura devint portable et en 1822, Nicéphore Niepce eut l'idée de déposer, à la place du papier sur lequel on transcrivait trait pour trait l'impression de l'image, un papier sensible à la lumière, supprimant le passage manuel et graphique de la reproduction de l'image. Certains disent même que la perspective brunelleschienne n'est ni plus ni moins que la transposition du principe de la camera obscura. D'autres, comme Damisch, ne sont pas du tout en accord avec cette théorie. Néanmoins, perspective brunelleschienne ou photographie, toutes deux sont dérivées d'une conception antique de perspective conique, basée sur l'idée d'œil unique et fixe.

L'apparition de la photographie remet donc en cause la peinture dans sa volonté réaliste. Le réalisme donné mécaniquement par la photographie, montait en épingle les imprécisions des peintres académistes; l'œil du peintre devait alors se repositionner. La rivalité entre ces deux techniques de représentation si proches dans leur gestation et si lointaines dans leur réalité, impliqua de part et d'autre une recherche et un développement des spécificités de chacune. La photographie certes semblait plus proche de la réalité; néanmoins, sa pratique et la multiplication des clichés, l'instantanéité de l'image, ont fait ressortir peu à peu la différence entre la photographie et la perception humaine. Par son instantanéité elle rendait visible ce qui était invisible à l'œil nu⁴⁸.

⁴⁸ A ce propos nous pouvons citer la discussion entre Paul Gsell et Rodin relevée par Paul Virilio:

" Eh bien! Quand, dans l'interprétation du mouvement, l'art se trouve en désaccord avec la photographie, qui est un *témoignage mécanique irrécusable*, il altère évidemment la réalité.

- Non, répond Rodin, c'est l'artiste qui est véridique et la photographie qui est menteuse, car dans la réalité *le temps ne s'arrête pas*."

Extrait de *La machine de vision*, Paul Virilio, Ed. Galilée, p. 14.

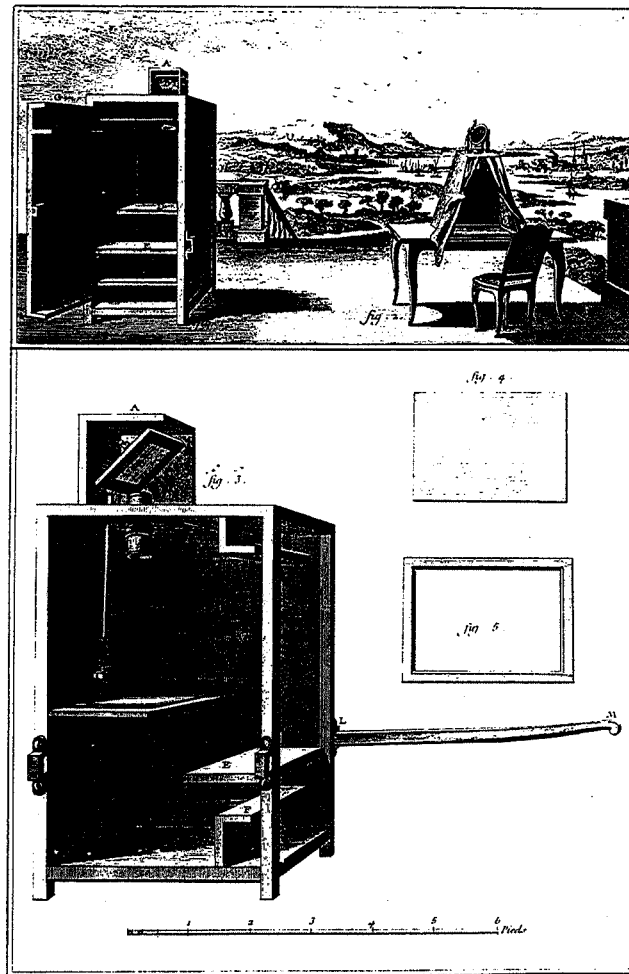


Figure 27
La camera obscura,
 Planche extraite de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert.

D'un autre côté, la peinture, issue d'une analyse sur la durée, analyse et lecture dans une continuité, ne permettait de ne percevoir que les transformations et les déplacements. Par la synthèse de la suite de ces instants, elle permettait de recréer le mouvement, de l'exprimer.

C'est dans cette dynamique fondamentale de prise de conscience du mouvement que s'inscrit l'apparition de l'Impressionisme. Degas, dans un premier temps, va remettre en question la position fixe et monoculaire, voire mécanique, du peintre. Etudiant le rapport entre regardant-regardé, sujet-objet, il va effectuer un travail tout à fait nouveau basé sur le cadrage. Ses sujets vont être le reflet de la vie quotidienne, contrairement au culte artistique de

l'antiquité voué par les académistes⁴⁹. Il participe et fait participer le spectateur à la scène regardée. De plongée, en contre-plongée, comme dans *"Mademoiselle Lala au cirque Fernando"* il va traduire la mobilité du peintre; mais il va aussi traduire le mouvement [fig.28]. Au pied de la piste, il a le regard levé vers l'équilibriste saisie dans l'instant furtif du saut, dynamique de l'éphémère.



Figure 28
Mademoiselle Lala au cirque Fernando, par Edgar Degas,
huile sur toile 177/77 cm, 1879,
The National Gallery, Londres.

L'expression de la vie et du mouvement va passer principalement par une recherche sur les mystères du réel et de la perception. Les impressionnistes vont analyser la lumière comme une couleur. La lumière, en tant que couleur, va à son tour être décomposée. La lumière, ce ne

⁴⁹ Voir l'ouvrage d'Huttinger Edouard, *Degas*, Ed. Flammarion, 1977.

sont plus ces glacis parfaitement lissés, ces petites surfaces où la couleur se trouve éclaircie; la lumière devient touche, vibration de couleurs juxtaposées les unes à côté des autres. La touche va venir au cœur du système représentatif. C'est elle qui va produire l'*impression* de la lumière sur la scène peinte. La perception humaine, radicalement différente de l'impression photographique, va également tenter de représenter l'instantanéité. Il va s'agir de donner, de produire une vision en perpétuel mouvement, comme celle que nous pouvons avoir de la nature, où la moindre brise fait varier les couleurs d'un arbre, présentant en combinaisons multiples les diverses faces de ses feuilles. La juxtaposition des couleurs vibrant l'une à côté de l'autre, va être l'un des procédés utilisé par les peintres, mais également le côté inachevé de l'œuvre, de ces touches qui n'en finissent pas de se rappeler les unes et les autres.

C'est Monet qui va être à l'origine d'une révolution de la perception⁵⁰. Supprimant tout résidu de construction classique de l'espace, il va recréer l'espace selon ses "impressions visuelles", en exprimant à travers sa sensibilité la fusion de la couleur et de la lumière. Pendant des siècles, l'homme s'est placé au cœur du tableau, avec une analyse que l'on pourrait dire à la limite "cartésienne" de son sens visuel. Certes, les pinceaux des différents peintres ont pétri de vie les chairs de leurs héros et les pelages de leurs chevaux pris dans la tourmente de batailles, mais ils n'ont pas réalisé à quel point pouvait être singulière la perception visuelle. Il aura fallu l'avènement d'une mécanique, réduisant à néant la sensibilité tactile, la touche du peintre, pour remettre en question le carcan géométrique qui emprisonnait la vision.

La décomposition de l'espace en touches de couleur, va évoluer vers un fractionnement complet de la couleur. Seurat va introduire de nouveaux concepts scientifiques et les appliquer dans sa peinture. Suite à la lecture d'un ouvrage de Chevreul sur les contrastes

⁵⁰ Voir l'ouvrage de Blunden Maria et Godfrey, *Journal de l'impressionisme*, Ed. Skira, 1970.

simultanés des couleurs, traité destiné aux fabricants de tapisserie et relatif aux effets optiques des laines de différentes couleurs tissées côte à côte, et d'un livre de Charles Blanc sur une théorie des vibrations des couleurs inspirée de la théorie musicale, Seurat va développer une idée de peinture optique et de chromoluminarisme. Il est intéressant de constater qu'à nouveau, l'application des théories scientifiques dans le domaine de la peinture, va permettre de repositionner le travail de l'artiste. Le concept de base radicalement nouveau va s'appuyer sur la différence fondamentale entre la réalité du monde et celle du tableau.

C'est cette idée essentiellement novatrice qui va permettre à des peintres comme Cézanne, à travers un lyrisme moderne d'exprimer une impression nouvelle de la nature, basée non plus sur une projection raisonnée de volumes architecturaux, mais sur une géométrisation de la nature. Les montagnes vont se construire sous une palette de couleurs aux touches marquées laissant deviner peu à peu les volumes simples.

3.2.8 Le temps de l'image.

A ce point de l'étude sur les différents styles et modèles de représentation, il me semble nécessaire de souligner, comme cela a pu être fait dans les modèles en deux dimensions, la nature et les implications véhiculées par l'application d'une technique de représentation du volume.

Dans un premier temps, l'analyse des sujets picturaux semble intéressante. Avant, mais aussi pendant l'époque de la Renaissance, les principaux sujets de peinture sont là pour relater avant tout l'histoire du Christ. Mais peu à peu, de nouveaux sujets vont venir au cœur de l'inspiration des artistes. Ces sujets seront dans un premier temps des sujets historiques,

relatant soit l'histoire contemporaine pour inscrire dans la mémoire des peuples les batailles, les victoires et les souffrances, soit l'histoire mythologique, pour rappeler les racines culturelles et les vérités éternelles véhiculées par notre patrimoine commun. Puis le portrait et les événements de la vie courante sont devenus de plus en plus fréquents, pour développer en dernier lieu des scènes de la vie ouvrière ou paysanne, la vie du peuple, témoignage immortalisé de notre histoire. Nous avons vu précédemment, que la représentation en deux dimensions se justifiait par une expression de l'immortalité; les sujets présentés dans ce type de peinture étaient intimement liés, dans leur nature et leur essence, à l'éternel. L'homme placé au cœur du tableau a déplacé le sujet du divin à l'humain. Cette aspiration nouvelle de la peinture, est clairement exposée par Alberti; la peinture permet de "montrer après plusieurs siècles les morts aux vivants"⁵¹. Ce déplacement a entraîné le basculement de l'éternel à l'éphémère. Plus l'exploration et la représentation du volume évolue, plus elle se passionne pour l'apparition unique et provisoire des scènes de la vie. Les corps qu'elle représente ne sont plus des corps immortels, ce sont des corps voués à la disparition, à la mort.

Ce basculement des sujets a certainement été l'une des raisons de la prise en compte, de plus en plus présente, de la problématique du temps dans la peinture. Les représentations en deux dimensions ont pour objet des sujets achroniques. Le volume, la perspective, ont introduit la dimension temporelle dans la peinture. La photographie a permis aux peintres de prendre conscience de la nature particulière de sa perception de la nature. Le peintre ne fixe pas le présent. Dans la durée de sa création picturale, il fixe la synthèse d'une multitude d'impressions réparties dans les différents temps de son observation. Degas a toujours choisi pour sujet des objets en mouvement, des chevaux de courses, des danseuses. Son étude sur les corps de ballet est particulièrement intéressante. La danse n'existe que par le mouvement; il

⁵¹ Ouvrage cité p. 119, Livre II, p. 130-131.

parvient par la vivacité de ses touches, par les éclairages des couleurs les unes à côté des autres, à rendre le mouvement. Une peinture de Degas en dit beaucoup plus sur la danse que n'importe quelle photographie sur un ballet⁵². La peinture a pour rôle de capturer le mouvement, c'est-à-dire une somme de temps.

Il faut noter que l'inclusion du temps n'est pas seulement le fait de l'Impressionisme. Les peintures du XVII^e siècle sont pleines de mouvements; mouvement des luttes dans les scènes de bataille, ou expression de l'oscillation de l'éclairage d'une bougie comme dans les portraits des maîtres flamands, Rubens, Rembrandt ou Vermeer. Au XVIII^e siècle, l'expression du temps passe de façon différente à travers le rendu des textures. Soyeuses et finement représentées, l'impression de volume des étoffes était rendue avec délicatesse laissant soupçonner la présence du vent gonflant les draperies. Afin de rendre encore plus présente la saisie de l'instant, les gestes des personnages semblent suspendus dans le temps. Et de plus en plus, au cours des siècles, ces indices d'instantanéité vont se développer. Les nuages, les fumées, les drapeaux, les cheveux volant sous l'effet d'une rafale violente, sont autant d'indices de l'expression temporelle. Le tableau en tant que fenêtre ouverte sur un espace volumique, par les différents plans des objets représentés, inclut en lui la temporalité; noyant dans la brume les montagnes éloignées, l'idée d'éloignement induit l'idée de cheminement, et par là même l'idée de temps.

Par ailleurs, dans l'analyse des représentations en deux dimensions, nous avons vu que leur fonction était essentiellement spirituelle. La peinture devait guider la ferveur et permettre aux esprits d'atteindre le divin. Il s'agit avant tout de contemplation. Le spectateur qui contemple et le spectateur qui regarde une toile ont deux attitudes fondamentalement

⁵² Voir l'ouvrage d'Edouard Huttiger, *Degas*, Ed. Flammarion, 1977.

différentes. La contemplation est liée à l'hypnotisme, l'immobilisme; le regard fixe, se noie dans un au-delà spirituel, la peinture n'étant qu'un moyen d'accéder au divin. Lorsque la peinture commence à s'exprimer de façon "tridimensionnelle", les objets se décolent de la toile; ils se suspendent peu à peu dans un "espace pictural". Le détachement des objets permet une dynamique de la peinture vers le spectateur. Ce mouvement d'attraction entraîne la curiosité. Le spectateur ne contemple plus l'image qu'il a en face de lui, mais la regarde, la balaye de ses deux yeux. Le mouvement des yeux pour observer la toile induit dans la perception de celle-ci le facteur temps. Comme le peintre synthétise dans sa toile des temps multiples, l'impression de la toile qui restera dans la mémoire du spectateur sera également faite de la fusion des temps conjugués de son observation.

Le travail sur la couleur des impressionnistes, va permettre à l'image de fusionner sous la vibration des couleurs juxtaposées. Le frottement entre les longueurs d'onde des couleurs va donner une vie instantanée et permanente à la peinture. Le regard du spectateur va certes balayer la toile, mais va être envahi dans un premier temps par une "impression" d'unité, de vie et de respiration; ce n'est que l'analyse de cette impression qui va le conduire à observer la toile, à scruter ces indices de vie.

La modernité va rendre de plus en plus obsédante la problématique du temps dans la peinture; l'apparition des machines, la rapidité croissante des déplacements, la photographie qui suspend le temps; phénomène original qui révèle l'instant hors de l'écoulement du temps. Paradoxalement, son instantanéité inspire la capture du temps par la juxtaposition de ses temps singuliers. Le temps ne se conjugue plus au passé ni au présent, mais au pluriel. Le mouvement va pouvoir être capturé, analysé grâce à la photographie. Mais de quelle analyse s'agit-il? La photographie saisissant l'instant au-delà du visible. Est-ce que ce qui ne peut être visible peut

être inclu dans le concept de réalité de la représentation? N'est-il pas paradoxal de considérer comme une réalité ce qui ne peut être perçu en réalité? L'expression du mouvement ouvre une faille importante dans le concept de réalisme. En 1878, Muybridge met au point un système de photographie séquentielle. Il place le long d'un manège une série d'appareils photographiques, qui seront déclenchés par un système de fils multiples qui seront coupés les uns après les autres par le passage du cheval⁵³. Il tire de cette expérience plusieurs clichés qui permettent de décomposer le mouvement du cheval au pas, au trot et au galop. La juxtaposition de ces instantanés introduit une nouvelle notion de l'espace. Le public de l'époque a du mal à entrer dans cette présentation séquentielle du mouvement, ce découpage du temps en instantanés impalpables à l'œil nu. La décomposition photographique du mouvement va ouvrir la voie de l'analyse phénoménologique. Quatre ans plus tard, Marey, un physiologiste français, disciple de Claude Bernard, inventa un "fusil photographique" afin de fixer sur une même image les différentes phases du mouvement. Les temps ne sont plus juxtaposés de façon linéaire, ils sont superposés dans un même cadrage. La chronophotographie permet de mettre en relation l'espace et le temps, essence du mouvement. Cette invention fut à la base essentiellement scientifique. Marey avait besoin pour ses études de semblables clichés. Cette invention fut exploitée dans l'analyse du mouvement des objets ainsi que pour la dynamique des fluides.

Le caractère, dans un premier temps rigoureusement scientifique de cette nouvelle conception du temps, de l'espace et du mouvement, ne laissa pas indifférent le monde de l'Art. Vers 1900, on commence à ressentir dans la peinture, les effets de cette nouvelle notion du temps, surtout chez les futuristes, dont la dynamique de création est basée sur l'exaltation du mouvement. On retrouve également cette influence chez les cubistes, notamment dans la

⁵³ Voir l'ouvrage de Jean-Luc Daval, *La photographie. Histoire d'un art*. Ed. Skira, 1982.

célèbre peinture de Marcel Duchamp, "*Nu descendant l'escalier*"[fig.29], peinture de 1912, où tous les mouvements du corps sont décomposés comme dans une chronophotographie.

Le temps au cœur de l'image va être également à la source d'une nouvelle conception de l'espace. L'Impressionisme a renoncé à la construction artificielle de l'espace, où règles, compas et mesures régissent l'ordre des éléments du tableau. L'animation de la peinture qu'il fait tout à coup surgir, le démantèlement de ces bases inscrites et gravées culturellement dans l'esprit occidental de ce début de XX^e siècle, va permettre l'éclosion d'un nouveau concept de l'espace pictural. La relation regardant-regardé va être à son tour révolutionnée par le Cubisme.



Figure 29
Nu descendant un escalier, n°2, par Marcel Duchamp,
Huile sur toile, 146/89cm, 1912,
Philadelphia Museum of Art.

3.2.9 L'espace déplié : des lieux et du Cubisme.

En cette fin de XIX^e siècle et début du XX^e, les événements technologiques se bousculent. Tout va de plus en plus vite; ce qui était inconcevable quelques décennies précédentes devient réalité. L'évolution des techniques semble gravir tout à coup une courbe exponentielle de découvertes et de nouveauté. De la photographie on a inventé la chronophotographie, puis le kinétographe qui utilise pour la première fois, à la place de la plaque photosensible une pellicule souple⁵⁴. Le public peut observer dans une boîte une "photographie animée". Il s'agit en fait d'un film mis en boucle que le spectateur regarde, l'œil positionné derrière un oculaire. En 1895, le cinématographe des frères Lumière permet le visionnement en salle d'un film. L'image s'anime, l'image s'empare du temps. Le regard sur les choses, les objets, les paysages se modifie. Pris dans cette mouvance, dans ce changement radical des relations entre l'espace et le temps, tout ce qui relevait jusqu'à présent d'une évidence devient problème. Quelles sont les relations que le peintre entretient avec le modèle? Quelle est la nature des rapports entre le spectateur et la toile? Dans quel espace se situe l'image? Quels sont les lieux de cette image?

Ces diverses questions sont à la base de la considération de l'espace pictural. Dans quel lieu se joue la perspective brunelleschienne? Le système de projection consiste avant tout en une mécanique chargée de donner l'illusion du tableau se trouvant pour devenir une fenêtre ouverte sur le monde. Par conséquent, la planéité de la surface peinte se trouve investie d'une dimension qui ne lui appartenait nullement. La troisième dimension, que j'affirme ici ne pas appartenir à la surface plane du tableau, n'appartient guère plus à la surface plane du miroir.

⁵⁴ Voir l'ouvrage d'Emmanuelle Toulet, *Cinématographe, invention du siècle*, Ed. Découvertes Gallimard.

Pourtant, quoi de plus troublant que l'effet du miroir démultipliant l'espace? Par conséquent, le tableau avait pour rôle d'ouvrir l'espace intérieur sur un espace extérieur; de trouser le mur sur lequel il était fixé. Le tableau avait alors pour rôle d'inclure dans un lieu clos un lieu extérieur. D'inclure le lieu du tableau dans le lieu de la pièce. Mais le volume retranscrit par cette technique n'était pas une analyse du volume dans ses trois dimensions, mais une reproduction d'une vision monoculaire fixe. Un espace visuel réduit dans sa dimension bifocale et dans sa dimension temporelle et gestuelle. Les artifices et tromperies des plus grands jongleurs de l'illusionisme ont permis de croire pendant très longtemps à la légitimité unique de ce modèle de représentation. La photographie est venue bouleverser cette croyance, bousculer le tableau et l'espace du tableau. Le "*bruit*" de la modernité, de la technologie s'est emparé des peintres. Il y eut une remise en cause de la peinture qui n'était plus là pour donner l'illusion d'une réalité conventionnelle; elle était là, avant tout, pour exprimer la vie. L'expression de la vie va se fragmenter à travers les touches des impressionnistes. L'espace du tableau, d'une fenêtre ouverte sur l'infini, devient une surface bouillonnante de vie et de vibrations. L'espace se brise peu à peu. Le point de vue fixe et académique hérité du système brunelleschien est lui-même remis en question. Le cadrage des peintres est radicalement nouveau. Il intègre le spectateur à l'espace du tableau. Il n'est plus cet individu regardant un quelconque paysage dont il ne fait pas partie, une sorte de voyeur indiscret; il participe à l'image; les premiers plans sont vus de dos; ce sont de grosses têtes, des chevelures, des épaules tournées vers la scène; le spectateur fait partie de cette assemblée qui regarde l'événement. Il n'est plus invité, comme dans les peintures du XV^e siècle, à regarder la scène. Il n'y a plus le personnage au coin de la toile qui présente la scène au spectateur, lien entre l'événement et le lieu d'exposition. L'espace du tableau se continue, s'imprime dans l'espace du spectateur; il y a fusion, inclusion. Mais il y a en même temps éclatement. La surface picturale se fragmente et se modélise à travers les touches de peinture. Le tableau est partagé entre cette spirale de vie dans laquelle il entraîne le

spectateur, et le retour à une planéité où il s'assume en tant que surface. Il est à la fois espace en tant que prolongement de l'individu, et surface en tant que matière.

Le Cubisme va naître au cœur de cette dualité. L'évolution de la perception va entraîner un retour à l'esprit. Georges Braque disait : "Les sens déforment, l'esprit forme" ⁵⁵. L'espace éclaté va être conceptualisé. Les nouveaux cadrages qui ont émergé dans la mouvance impressionniste, ont introduit un nouveau rapport entre le peintre et son modèle. Les relations traditionnelles ont été une première fois bouleversées. Les cubistes vont pousser plus avant ce changement en multipliant sur la surface peinte les points de vue de l'objet. Non seulement le tableau va être le lieu de la synthèse des "impressions chronologiques" de l'objet, mais également celui de la synthèse des "impressions spatiales". Il va y avoir à l'intérieur du tableau l'association des temps multiples et des espaces multiples. La chronophotographie a permis de déplier le temps, la peinture va déplier l'espace. L'objet peint va être pris dans l'ensemble de ses formes. La réalité vue ne va plus s'exprimer à travers une construction ou une impression, mais à travers une conception. Les formes et les objets vont se dépouiller peu à peu de leur enveloppe anecdotique pour n'accéder qu'à l'essentiel. L'Art va devenir structural; il va recomposer ce que l'esprit permet de synthétiser. L'Impressionisme avait analysé la couleur, les lumières, Cézanne, le premier, dans cette surface labourée de matière va tenter d'analyser l'espace⁵⁶. Il ne va plus tenter de mimer la nature, il va rechercher son essence structurelle. La réalité va être conçue à travers des formes pures. Les montagnes vont être décomposées en volume simples: cubes, sphères, cylindres, cônes. Les arêtes vont être marquées par la juxtaposition nerveuse et maladroite de touches larges et marquées. L'espace du tableau n'est plus cette fenêtre où les formes sont unifiées d'après une règle de projection sur un plan; les volumes ne sont plus cette combinaison d'éléments discrets, placés les uns à

⁵⁵ Extrait de *La révolution cubiste* de Serge Fauchereau, Ed. Denoël, p. 69; citation d'un article "Pensées et réflexions sur la peinture", revue *Nord-Sud*, n°10, Décembre 1917.

⁵⁶ Voir l'ouvrage de Michel Hoog, *Cézanne, "puissant et solitaire"*, Ed. Découvertes Gallimard, 1989.

côté des autres. Les volumes vont être saisis dans leur masse, dans leur volumétrie. Ils vont se heurter, se fragmenter dans le chaos tridimensionnel de la nature. Mais ils vont se heurter également à la surface de la toile. Propulsés contre un plan, ils vont se briser, s'éclater, se déplier; ils vont se livrer entièrement.

Le Cubisme va démonter, tout en le démontrant, l'espace. Le tableau va basculer de sa fonction de fenêtre transparente à travers laquelle le peintre propose un lieu, à un état de surface démonstratrice du volume. Une lutte entre le tableau et la fenêtre va s'engager; le Cubisme va rendre le tableau vainqueur. Il est important à ce stade de l'analyse, de bien définir le statut ambigu de l'image cubiste. En effet, sa conception prouve une volonté d'affirmer la surface picturale dans sa bidimensionnalité. Par ailleurs, cette affirmation est liée à une volonté démonstratrice de la nature et de la troisième dimension. L'expérience cubiste, c'est le rendu pictural de la somme des impressions sensorielles. L'espace cubiste est un espace de proximité; espace de ce personnage, déambulant comme un aveugle dans un environnement qu'il ne savait plus voir et qu'il redécouvre tout à coup⁵⁷. L'espace se fractionne en un coin de table, un plateau effleuré, le bout d'un dossier de chaise, etc... Le tableau se compose de cette combinaison d'esquisses d'objets qui se révèlent dans l'essentiel de leur volume, de leur être. Il s'agit donc d'un Art du volume et de l'espace. Dernier point important; sur la surface du tableau se conjuguent les différents angles d'observation du peintre, tournant autour de son modèle. Le temps s'ajoute à la dimension spatiale de la représentation. Les sujets par ailleurs ne sont plus divins ni événementiels; ce sont avant tout des objets: natures mortes ou paysages. Le peintre s'intéresse au volume dans ce qu'il a de plus inerte, de plus immuable; une grande série de Braque et Picasso sur les guitares et les cruches en est le plus parfait exemple. Ces objets fixes et inertes vont pouvoir être observés tout à loisir sous leurs divers

⁵⁷ Voir le texte de Jean Paulhan dans son chapitre "Petite aventure en pleine nuit", extrait de *La peinture cubiste*, Ed. Folio-Essai, où il révèle sa redécouverte de l'espace.

angles; décomposés, analysés, synthétisés. Les sujets simples vont permettre de décomposer l'espace, et de s'affranchir de tout illusionisme tout en accédant à une perception de l'essentiel.

Le Cubisme, art du volume avant toute chose, aura permis la remise en cause d'une conception culturellement acquise, de la réalité. Le réalisme cubiste est un réalisme sensoriel, moderne et synthétique, où le temps s'est multiplié dans une accélération sans fin, déployant une nouvelle perception de l'espace. En tant qu'expression de la modernité, son réalisme est aussi légitime que le "réalisme brunelleschien". La question essentielle qui vient à la suite de ces différentes analyses reste la suivante. Pourquoi le modèle appliqué à la simulation et à la représentation en synthèse d'images est-il le modèle brunelleschien? Pourquoi et comment, de façon plus générale, est-il assimilé comme le seul reflet acceptable de "l'illusion réaliste" de la synthèse d'images?

UNIVERSITE DE PARIS VIII
ART ET TECHNOLOGIE DE L'IMAGE

Thèse pour obtenir le doctorat de:
ESTHETIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ARTS

Partie théorique complétée par un film et des diapositives.

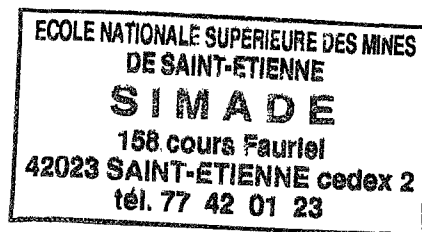
SYNTHESE EN TROIS DIMENSIONS

TOME II

*Analyse et recherche de modèles de projection,
inspirés des concepts développés
au cours de l'histoire de l'Art.*

Thèse soutenue par: BOURGOIN Véronique
Directeur de recherche: Mr COUCHOT Edmond.
Rapporteurs: Mr PEROCHE Bernard
 Mme DUGUET Anne-Marie.
Jury: Mr BRET Michel.
 Mr COUCHOT Edmond.
 Mr PEROCHE Bernard.

Thèse soutenue le 14 Décembre 1994.



4

**LA SYNTHÈSE D'IMAGE: CHOIX ESTHÉTIQUES ET RAISONS
CULTURELLES.**

Il n'est pas innocent d'utiliser, pour modéliser des scènes en trois dimensions, un modèle plutôt qu'un autre. Avant de proposer d'autres modèles, inspirés de façon plus ou moins proche des réponses picturales qui ont pu être exposées dans le second chapitre, il me semble intéressant d'essayer de voir et de comprendre pourquoi le modèle brunelleschien s'est imposé aux modélisateurs d'image de synthèse en trois dimensions.

Une recherche orientée sur l'histoire des modèles et la généalogie des techniques, constitue la première approche. La modernité des théories du XV^e siècle sera aussi surprenante que l'incroyable traditionnalité des concepts véhiculés dans cette technologie d'avant garde qu'est la synthèse d'images.

Mais je ne voudrais pas m'arrêter aux stéréotypes qui viennent à l'esprit dès que l'on parle d'images de synthèse. L'exploitation artistique de cette technologie n'est pas aussi récente. Les variétés de concepts intégrées dans ce domaine de l'expression artistique, permettent de mieux cibler les qualités, les ressources, voire les travers de l'expression visuelle de l'outil informatique.

Le travail que je propose s'intègre pleinement dans la problématique des choix esthétiques et des raisons culturelles qui ont motivé les diverses exploitations de l'image de synthèse. Par conséquent, une mise au point précise sur ces deux aspects de la question me semble indispensable.



4.1

LA PERSPECTIVA ARTIFICIALIS COMME CHOIX CULTUREL.

Afin de mieux cerner et de mieux comprendre l'usage étendu, voire exclusif, de la perspectiva artificialis en synthèse d'image, j'ai souhaité exposer et analyser la nature intrinsèque de ce modèle de représentation. Je propose dans cette partie trois types d'approche.

L'approche la plus développée se fera dans un parallèle, et une recherche d'analogies entre la nature de l'image de synthèse et la perspectiva artificialis. Dans un autre domaine, et notamment celui de son application, j'essayerai de voir pourquoi et comment ce modèle s'est imposé. Enfin, je débiterai cette partie par une petite histoire qui me semble exposer de façon plus humaine et expérimentale, le rapport culturel qui peut exister avec la perspectiva artificialis.

4.1.1 Histoire d'une rencontre.

Avant d'approfondir dans son origine historique le caractère principalement culturel du point de vue unique et fixe, je souhaiterai relater la première expérience de la perspective que j'ai eue.

Je devais avoir sept ou huit ans. Dessinant à longueur de journées, je tentais d'une main malhabile de dire à travers le dessin ce que je percevais. Mon frère, d'un an plus âgé, revint un jour de l'école avec une découverte qu'il tenait à tout prix à me faire partager. Son maître lui avait enseigné les rudiments de la perspective. Armé d'une règle et d'un crayon, il me fit la démonstration de la construction d'une maison dont les murs, perpendiculaires au plan de projection, fuyaient de façon vertigineuse vers le point de fuite. Puis, s'appliquant de sa règle et de ses mesures, il dessina des arbres, alignés le long de la route rectiligne, et qui s'étranglaient au centre de la feuille. A la fin de cette révélation sidérante, il me déclara: "Tu vois, la réalité, c'est comme ça!" Mon étonnement était d'autant plus grand qu'il me semblait difficile de voir dans cette maison biscornue, ces arbres étagés et mesurés, cette route incroyablement droite, une quelconque "réalité". Je lui fis part de mes doutes quant à la possibilité de voir dans cette construction purement abstraite quelque chose d'apparenté à la vue. Il me semblait inconcevable qu'un arbre pût se décrire à l'aide d'une règle; qu'une maison s'exprima par la convergence de ces lignes juxtaposées les unes aux autres. L'espace et la représentation ne pouvaient en aucune façon être la résultante d'une manipulation de la règle et du compas. Mon frère tenta de me convaincre en me faisant regarder les choses. Mais plus je regardais, moins je voyais le rapport entre cet espace mesuré et ce que nos yeux percevaient.

Le concept surgissait de façon brutale dans mon idéalisme enfantin. Je devais certes reconnaître, ainsi que s'efforçait de me le démontrer mon frère, que plus les objets étaient éloignés, plus ils étaient petits. Et après? Est-ce une raison suffisante pour vouloir les mesurer? Est-ce que l'observation ne permet pas de connaître ces objets? Est-il besoin de règles et de compas pour comprendre ce que l'on voit?

Cette approche constructive de l'espace venait de plein fouet se confronter à mon approche intuitive de petite fille. Depuis ce jour, je vis mon frère s'appliquer dans ses dessins à utiliser la règle et la mesure. Hermétique à ce concept (en partie parce qu'il m'avait été révélé par mon frère, enfant également, dont je pouvais me permettre de mettre la parole en doute!), je continuais tout au long de mes dessins, puis de mes études à refuser l'utilisation de la règle et du compas pour construire l'espace d'une image. L'équation culturellement admise de "perspective=réalité" se trouvait déjà saisie dans les sables mouvants du doute et du scepticisme.

UNIVERSITE DES MINES
DE SAINT-ETIENNE
SIMADE
158 cours Fauriel
SAINT-ETIENNE cedex
42 01 23

Lors de mes études de peinture, j'eus quelques cours de perspective. Etalant comme dans un livre de cuisine, la façon de représenter l'espace, je ne commençais à m'intéresser au cours que lorsque la perspective sortit de ses visées "réalistes" pour devenir anamorphose et déviations en tous genres. Au contraire des démonstrations que tentait de nous faire notre professeur, la perspective ne se montrait pas révélateur de l'espace, mais plutôt outil de la perversité optique. Dès son apparition, et comme moult techniques une fois dévoilées et maîtrisées, la perspective fut détournée de sa visée principale (quoique le sens de cette visée ait légèrement dévié au cours des siècles). Par son art de la mesure, elle offrait la possibilité de jouer sur les unités de son échelle des grandeurs. L'un des exemples les plus frappants de ces jeux optiques est le tableau de Holbein, "*Les ambassadeurs*" [fig.30]. Aux pieds des deux ambassadeurs, nous pouvons distinguer une tâche informe et blanchâtre, qui ne ressemble à rien. Il suffit que le spectateur modifie son angle de vision en se déplaçant afin de regarder le tableau pratiquement de côté, pour que se révèle la nature de cette masse. Il s'agit en fait d'une vanité déformée par l'art de l'anamorphose. Ceci permet au peintre d'inclure à l'intérieur de son tableau un palimpseste. Deux écritures se présentent, l'une renvoyant à l'autre, dont chacune dépend de l'autre, secret voilé d'une réalité présente, mais dont le

décryptage de l'une implique l'effacement de l'autre. La perspective devient un jeu; jeu des écritures qui se superposent. Mais avant d'être jeu, quelles étaient les finalités de la perspective? Quels étaient ses objectifs premiers et que sont-ils devenus?



Figure 30
Les Ambassadeurs, par Hans Holbein le Jeune, 1533,
Londres, National Gallery.

Dans un premier temps, il me semble nécessaire de se référer au texte fondateur de la perspective occidentale, le traité d'Alberti, *De pictura*. Suite à une analyse sur la nature et les visées des différents livres constituant cet ouvrage, il s'impose de regarder quels sont les regards portés par les différents historiens et philosophes sur la nature de cette conception de l'espace. Cette démarche me semble-t-il permettra de mieux définir et de mieux cerner la nature originelle de la perspective.

4.1.2 *La perspective: réalisme ou concept?*

A la lumière de cet ouvrage, "*De pictura*", la première sensation est celle d'une conceptualisation purement formelle de la vision. Le premier livre de cette œuvre, qui en

compte trois, se réfère essentiellement à la science. L'espace ne peut être appréhendé, selon Alberti, qu'à travers une conception mathématique. Le meilleur moyen de représenter l'espace passe par l'abstraction de toute matière, et la mesure des formes. Le peintre doit donc connaître, pour réaliser pleinement son art, les sciences de la géométrie, de l'optique, des couleurs, de la lumière et bien sûr de la vision. Par conséquent, cette première démonstration peut nous incliner à dire que l'espace brunelleschien (ou albertien) est créé à partir de rien. Il s'agit à la base d'un pur concept ne s'appuyant pas sur une "réalité sensible" mais sur une "réalité mathématique" voire une "réalité mécanique". Le dispositif que met en œuvre la *perspectiva artificialis*, reproduit exactement la mécanique de réception optique du globe oculaire. Les deux systèmes sont isomorphes. Mais la vision, la sensation visuelle, passe par de nombreux intermédiaires avant de restituer l'image. De façon externe et purement mécanique, l'œil fonctionne comme un appareil photographique: le boîtier serait le globe oculaire, le cristallin l'objectif, quant à la surface de la rétine, elle serait une pellicule sensible. Mais le phénomène de vision devient plus complexe lorsque l'on passe au niveau de la "réalisation" de l'image. De nombreux circuits et groupes cellulaires traitent les stimuli lumineux. Les cellules rétinienne codifient la sensation visuelle en un ensemble de signaux transmis au cortex strié par le nerf optique. Ces renseignements sont analysés, chiffrés par des cellules spécialisées, qui vont envoyer ces informations au cerveau. Puis, au cœur du cerveau, il va y avoir une interprétation globale qui va être l'image [sch.5]. Cette dernière phase, celle de la synthèse de la sensation visuelle constitue l'essence même de la vision. Jean Louis Schefer confirme le concept: "c'est qu'il s'agit, en effet, dans la fiction opératoire d'un fonctionnement de l'appareil géométrique de la vision, de supprimer tout objet rémanent de la perception"⁵⁸. Par ailleurs, le système de la vision exposé par Alberti vaut bien toutes les démonstrations imaginables: "la vision se fait au travers d'un triangle dont la base est la

⁵⁸ Ouvrage cité p. 119, "l'histoire de la pyramide", p. 20.

quantité vue et dont les côtés sont ces mêmes rayons qui partent des points de la quantité et se dirigent vers l'œil⁵⁹.

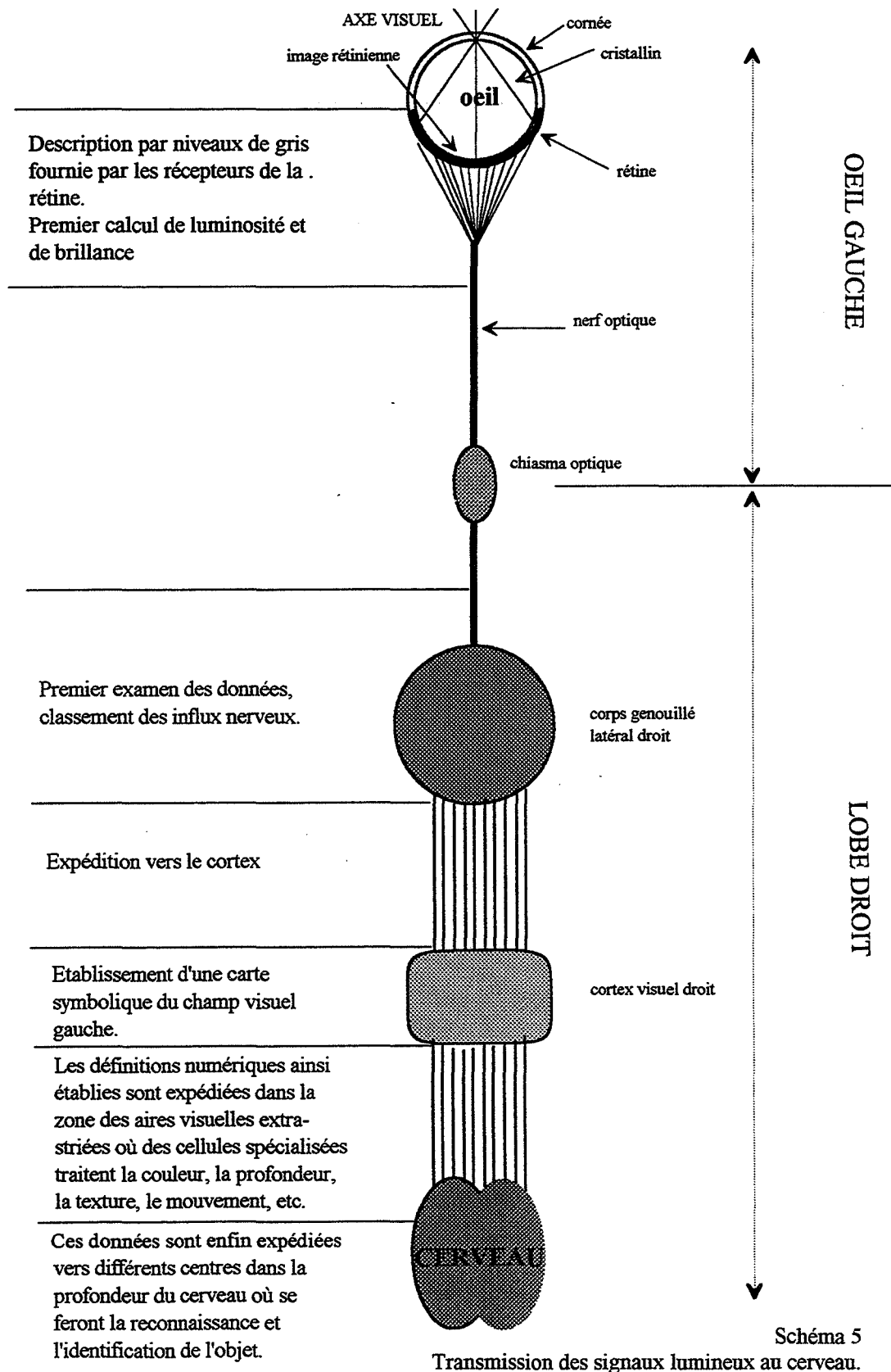


Schéma 5
Transmission des signaux lumineux au cerveau.

⁵⁹ Ouvrage cité p. 119, Livre I, p. 84-85.

La perspective apparaît donc comme une machinerie s'appuyant sur une connaissance purement mécanique des sens, mais dépourvue de toute "impression sensible". Il y a un déplacement du sensible au raisonné, "le problème de la vision, en passant de l'optique à la géométrie, passe de la sphère objective à la sphère subjective"⁶⁰. Visait-elle à l'illusion et au trompe-l'œil?

A voir son approche purement conceptuelle, il semblerait que non. Ce serait un système qui permettrait de feindre l'espace. Selon Hubert Damisch, la *perspectiva artificialis* n'imiterait pas plus la vision que la peinture n'imiterait l'espace. Certaines définitions la déclarent comme une science des *aspects* et une science de *l'interprétation*. Par ailleurs, un point important, voire essentiel du traité, qui pourrait confirmer cette idée, est l'objectif de cet écrit. La perspective est décrite comme une reconstruction analytique de la vision, où la peinture serait réduite à une section du cône visuel. Il y a une volonté pour apporter au domaine artistique une valeur scientifique; pour passer de la subjectivité interprétatrice du peintre à une objectivité structurelle de l'espace construit à l'intérieur du tableau. Mais le but essentiel et principal de la peinture est son contenu. Ce contenu, appelé *l'istoria* par Alberti, est le sujet principal de toute représentation. *L'istoria* devrait être agencée selon des règles issues de la rhétorique. Le résultat de ces deux approches, mathématique et rhétorique, place la peinture du côté de la narration, de la construction et de l'abstraction. Néanmoins, il me semble nécessaire de nuancer cette opinion quant à la qualité purement conceptuelle de la *perspectiva artificialis*.

En effet, l'idée de base qui régit la construction d'Alberti est "que les images soient figurées sur la surface de l'œil comme sur un miroir animé"⁶¹. Par conséquent, l'objectif

⁶⁰ Extrait de *Perspective et histoire au quattrocento*, de Giulio Carlo Argan et Rudolf Wittkower, Ed. de la passion, p. 17.

⁶¹ Ouvrage cité p. 119, Livre I, p. 84-85.

d'Alberti réside en la *copie* du réel. La peinture doit être une imitation. Mais de quelle imitation parlons-nous? En posant la peinture comme reflet d'une réalité, au même titre que le fait un miroir, il la définit comme une démonstration des analyses tirées des expériences optiques. La peinture est là pour établir de façon absolue, et pour éprouver les connaissances en ce domaine. Elle a donc une fonction démonstratrice. La perspective semblerait être le réinvestissement des phénomènes observés par les physiciens. Elle utilise les connaissances physiques des phénomènes lumineux. Elle *dé-montre*. Il me paraît par ailleurs nécessaire de souligner le caractère rhétorique de la *perspectiva artificialis*. Alberti décompose l'espace et la représentation comme un linguiste. Il tente de tirer un alphabet, une syntaxe, une sémantique voire une grammaire de la peinture. Trois éléments essentiels composent la peinture: en premier, la *circonscription*, qui consiste en la délimitation des contours, chaque contour définissant une surface; puis il y a la *composition*, constituée par les corps, chaque corps étant fait d'un ensemble de surface; et enfin la *réception des lumières*, qui permet de définir la couleur des surfaces.

L'œuvre majeure de la *circonscription* est l'*historia*⁶². Cette *historia* est la tête d'une arborescence: "les parties de l'*historia* sont les corps, la partie du corps est le membre, la partie du membre est la surface"⁶³. L'approche mathématique et conceptuelle refait surface. La *composition* quant à elle est principalement régie par des règles permettant de définir l'harmonie des surfaces, et de déterminer les rôles des fonctions des différents éléments de la toile.

⁶² "L'*historia* est l'objet même de la peinture qui résulte d'une invention (le sujet, qui peut faire l'objet d'une narration ou d'une description) et d'une composition achevée (agencement des formes, des parties, des corps). On ne peut cependant exclure cette acception simple: le programme "réaliste" d'Alberti exige que la peinture montre et raconte. Dans sa définition la plus formelle, l'*historia*, est un agencement de parties, (de corps, de personnages, de choses) doté de sens". Note de Jean Louis Schefer dans la traduction du traité *De la peinture. De pictura* (1435), d'Alberti, ouvrage cité p. 119, p. 115.

⁶³ Ouvrage cité p. 119, Livre II, p. 153-154.

A la lumière de ces quelques éléments, la perspectiva artificialis se pose comme un outil de démonstration des connaissances des phénomènes physiques et optiques, et dont l'expression est structurée comme un langage. Elle s'inscrit donc dans une culture où science et rhétorique sont les deux vecteurs principaux. Il s'agit avant tout d'une conception abstraite du réel. Certes, il est possible d'objecter que cette abstraction n'est pas gratuite et s'inscrit dans une réalité plus que palpable puisqu'elle confirme tout ce que la science a pu déduire de son expérimentation du réel. Par conséquent, cette référence à la science et la réalité scientifique a imposé la perspectiva artificialis comme moyen de représentation réaliste. Néanmoins, il me semble qu'en ce domaine, et si l'on s'adresse aux arts visuels, un point important a été négligé. Il s'agit de l'homme. Nous parlons d'équations, de phénomènes physiques, optiques, mais la perception passe par tous les mystères du cerveau. La physiologie humaine transpose la phénoménologie physique. C'est dans cette marge *humaine* que se pose la question du réalisme. Sont-ce les découvertes physiques qui définissent le réel ou bien les sens qui captent la réalité des choses? Il s'agit avant tout d'une conception abstraite du réel. Comment et pourquoi cette conception, du point de vue fixe et unique, qui s'est imposée au cours des siècles comme réaliste, et dont la photographie a confirmé le statut, s'est-elle intégrée de façon spontanée, voire immédiate dans la visualisation en synthèse d'image?

4.1.3 Généalogie de la synthèse d'image.

Sur ce point, le contexte de la genèse de la synthèse d'image me semble primordial. Entre la première guerre mondiale et le milieu du siècle va se développer, parallèlement à la télévision, l'informatique. La photographie a permis la saisie automatique d'une impression visuelle du monde, grâce à l'invention des plaques photosensibles. Le cinéma a introduit le mouvement par la succession d'images prélevées selon ce même concept, mais sur un support

souple, le film. Ces "prélèvements" sont issus directement de la *camera obscura*⁶⁴, *camera obscura* dont il semblerait qu'Alberti soit l'inventeur. *Camera obscura* dont on dit également qu'elle serait à la base du concept de la *perspectiva artificialis*. Par conséquent ce concept serait également présent dans la photographie et dans le cinéma puisqu'il suppose un point de vue unique et mécanique. Le téléphotographe permettant de transmettre des images fixes et le cinématographe permettant la diffusion d'images animées, vont déboucher, par la liaison des deux techniques et grâce à l'astuce et à l'ingéniosité des chercheurs, à la télévision⁶⁵.

Mais qu'est-ce que l'image télévisuelle sinon une image cinématographique reçue grâce au réseau hertzien? L'image télévisuelle serait donc prise également dans le concept de la *perspectiva artificialis*. Et l'ordinateur, l'image par ordinateur, quelle est sa liaison avec tout ceci?

Il y a deux supports fondamentaux pour la visualisation d'une image de synthèse. Soit on la regarde à travers l'écran, c'est-à-dire sur le même support que l'image télévisuelle; soit on la regarde sur un support papier, c'est-à-dire avec une approche similaire à la photographie ou à la peinture. Si l'on se place dans le contexte du réalisme et de la volonté réaliste, quel va être tout naturellement et implicitement le concept de base qui va s'imposer?

Il me semble que visualisée à travers l'écran, une image dite "réaliste", sera celle qui correspondra le mieux à une image télévisuelle, résultante brutale de la saisie d'une caméra. Il en résulte donc que la conception "réaliste" en synthèse d'images serait directement issue de la *perspectiva artificialis*, puisque référée à une image mécanique descendante de ce concept. Par ailleurs, une image de synthèse répond à un enchaînement d'équations et de fonctions définies.

⁶⁴ Voir le paragraphe 3.2.7. *La touche: fragmentation de l'ordre visuel*, p. 126.

⁶⁵ Voir le développement des technologies *De l'optique au numérique* de Edmond Couchot. Chapitre 2.2 "La télévision et l'ordinateur", Ed. Hermes, 1988.

Il s'agit donc avant tout de mathématiques. En tant que science des nombres elle ne peut se référer qu'au modèle des nombres. Purement scientifique, la synthèse d'image réinvestit, transforme en équations tout ce que la recherche scientifique permet de déduire des observations de la nature. Mais ce qui me paraît important à ce stade du développement, c'est la confusion qui existe dans le milieu scientifique, et notamment chez les informaticiens, entre les lois de la nature et la phénoménologie de la perception. Il y est admis que la vue (le sens), fonctionne de la même façon que les phénomènes physiques générant la photographie. Ce côté esthétique et visuel de la question serait au premier abord le plus évident. Cependant en y regardant de plus près, une analogie conceptuelle entre la genèse de la *perspectiva artificialis* et la genèse de la synthèse d'image pourrait être faite.

4.1.4 Langage et structure: analogie des concepts.

Qu'est-ce qu'une image de synthèse? Comment est-elle faite? Comment est-elle conçue?

Une image est avant tout issue d'un programme. Ce programme s'exprime à travers un langage. Le langage va être le lien entre l'idée du programmeur et les calculs de l'ordinateur. Pour le programmeur il est un moyen d'expression; pour l'ordinateur il consiste en des données numériques. Le langage informatique va être structuré par des lettres, des syllabes, des mots, avec des ponctuations et une syntaxe très précises. Qu'en est-il de la conception albertienne de l'espace?

La peinture est décrite comme un langage. Les contours des objets définissant les surfaces constituent les lettres de cette langue; les membres en sont les syllabes, et les corps,

les mots. “La composition des membres en corps (§36-38) est toute dominée par la notion d’accord: accord de taille (*magnitudo*), de fonction (*officium*), d’espèce (*species*), de couleur (*color*), et enfin de dignité (*dignitas*), en une analogie frappante avec les accords grammaticaux du latin. Dans une peinture, l’accord des membres entre eux, selon leur fonction dans l’action, selon leur espèce et selon leur couleur, se fait comme celui des noms, des adjectifs et des verbes d’une phrase latine où la forme des mots est subordonnée aux accords de nombre, de genre et de fonction, selon le cas de la déclinaison ou de la conjugaison”⁶⁶. Le langage est une des bases essentielles du traité fondateur d’Alberti; certains pensent que ce traité est en partie inspiré par le texte du Quintilien, “*De institutio oratoria*” (“Institution oratoire”), définissant les préceptes rhétoriques. La *perspectiva artificialis* porte en elle la notion de langage.

Revenons à présent à l’informatique. Nous avons donc un programmeur, qui se sert d’un langage pour donner des instructions numériques à un ordinateur. Le langage définit des objets que nous pouvons déplacer dans un espace virtuel en trois dimensions. Ces trois dimensions sont définies par un système orthonormé, *Oxyz*. Les déplacements des objets sont de deux ordres: translation ou rotation.

Alberti définit ces déplacements de cette façon: “Toute chose qui change de lieu a sept directions pour se mouvoir: vers le haut ou vers le bas, vers la droite ou vers la gauche, en s’éloignant de nous ou en revenant vers nous. Le septième mode de mouvement est le déplacement qui se fait en tournant en cercle”⁶⁷. Ces déplacements répondent parfaitement à ceux recensés dans la synthèse d’image. Les directions correspondent aux translations selon chaque vecteur, et le septième mode de mouvement à la rotation. L’agencement de ces

⁶⁶ Sylvie Desvarte, introduction à *De la peinture. De pictura (1435), "Un traité humaniste"*, traduction de Jean Louis Schefer, ouvrage cité p. 119, p. 49.

⁶⁷ *Ibidem*, Livre II, p. 180-181.

différents mouvements répond ensuite à une rhétorique définie par Alberti. Cependant, les concepts développés en synthèse d'image semblent infiniment présents dans le texte d'Alberti, écrit au XV^e siècle. Tout se passe comme si l'espace pressenti était construit sur un agencement de "primitives" manipulables à souhait selon des fonctions de déplacement.

4.1.5 Modélisation.

Regardons à présent comment, toujours selon Alberti, se construit un solide, et de quelle façon il s'articule. Tout d'abord, au niveau de la terminologie, il me semble important de préciser ce que j'entends par solide. Un solide, que ce soit en peinture, synthèse d'image, cinématographe ou vidéo, c'est un objet, une chose, un volume qui se place devant le regard. Il est intéressant de noter qu'Alberti conçoit le solide de la façon suivante: ce sont d'abord des surfaces; l'ensemble de ces surfaces constitue les membres; la somme de ces membres compose le corps. Qu'en est-il en synthèse d'image?

Les solides peuvent être décrits de diverses façons. Parmi celles-ci nous distinguons: la méthode par arbre de construction (nommé également CSG: Constructiv Solid Geometry); l'énumération spatiale et les représentations par frontière (ou BREP). Une explication sur chacune de ces méthodes de représentation des solides paraît nécessaire.

La méthode par arbre de construction consiste en une description implicite⁶⁸ des solides. Il n'y a pas explicitement de description des contours de l'objet. L'arbre de construction est composé de nœuds et de feuilles qui lui permettent de décrire les opérations construisant l'objet (mais qui ne les effectue pas). A chaque nœud correspond une opération

⁶⁸ Le mot "implicite" est employé ici dans son sens de non-résolu.

ensembliste de type réunion, intersection, différence. A chaque feuille correspond une primitive ou objet élémentaire: cône, sphère, cube, cylindre, etc.; [sch.6]. Cette conception du volume semble assez loin de celle d'Alberti, partant de contours pour définir la surface; d'ensemble des surfaces pour constituer les membres; de la réunion des membres pour déterminer le corps.

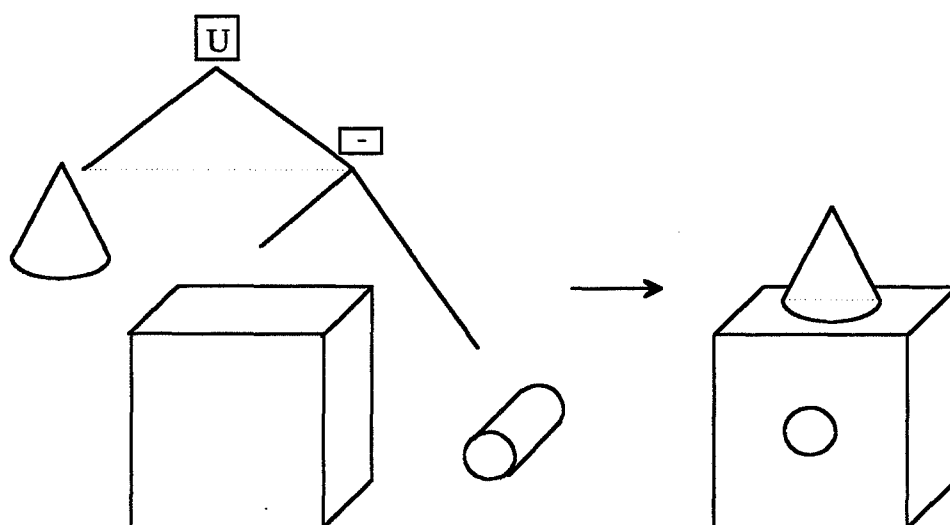


Schéma 6
Représentation par arbre de construction, ou arbre CSG.

La représentation par énumération spatiale semblerait par contre s'apparenter en partie au système de transposition des contours dans un espace mesuré d'Alberti. Afin de reporter dans une projection une forme, celle-ci est dans un premier temps représentée sur le plan sans aucune déformation ni projection. Ce plan est quadrillé de façon plus ou moins précise pour obtenir un nombre de points d'intersection suffisants, entre la forme et le quadrillage. Le quadrillage est ensuite projeté, selon les règles établies par Alberti pour définir les droites horizontales perpendiculaires et parallèles au plan de projection. Puis les points d'intersection sont reportés sur ce quadrillage, donnant la mesure de la forme projetée [sch.7]. Ce système est exposé de la façon qui suit par Alberti: "Il nous reste à exposer comment on trace les

surfaces circulaires par leurs contours. Elles dérivent des surfaces angulaires. Voici comment je fais. Je délimite une petite surface au moyen d'un quadrilatère en autant de parties qu'est divisée la ligne inférieure du rectangle où l'on peint, puis, tirant des lignes de chaque point au point opposé, je remplis la surface de petits rectangles. J'y inscrais un cercle aussi grand que je veux, de manière que le cercle et les lignes des rangées de carreaux se coupent; je note à leur place tous les points d'intersection et je reporte ces emplacements sur les rangées du dallage tracé dans la peinture"⁶⁹. Toute forme, quelle qu'elle soit, passe donc par une division de sa globalité en éléments discrets définis par un pavage de carrés, voire de cubes, lorsque l'objet fait état d'une élévation.

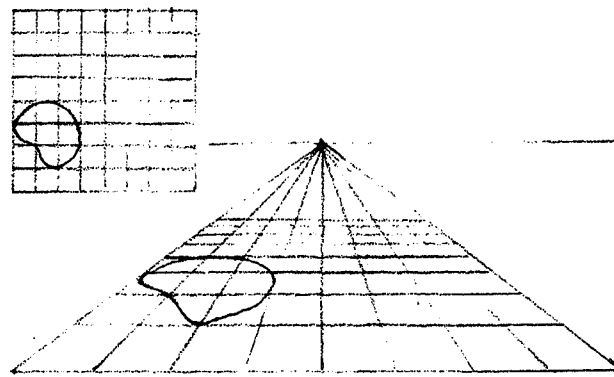


Schéma 7
Positionnement et projection des contours selon Alberti.

Regardons à présent la méthode de l'énumération spatiale. Que ce soit une surface (la surface de l'écran) ou un volume (dans l'abstraction d'un espace en trois dimensions), ceux-ci sont découpés en unités élémentaires. Ces unités, si on parle de l'écran, ce sont des carrés que l'on nomme pixels. Une image (donc une surface en deux dimensions), peut être représentée, selon cette méthode, par un quadtree (ou arbre quadrant). Un quadtree constitue une région du plan subdivisée récursivement en quatre parties égales. Chaque nœud de cet arbre possède

⁶⁹ Ouvrage cité p. 119, Livre II, p. 156-157.

quatre fils. Cette division se fait jusqu'à l'obtention d'un élément homogène, n'ayant pas de variation de nuance sur sa surface [sch.8]. De la même façon on peut considérer dans un espace tridimensionnel, qu'un cube est constitué d'une multitude de cubes élémentaires, des *voxels* (volume element) ou *obel*s (object element). La représentation d'un objet par énumération spatiale consiste à fournir la liste des cellules qui sont occupées par le solide. Pour déterminer si une cellule est occupée par le solide ou non, on se base sur un point particulier de celle-ci (par exemple son centre). Par conséquent pour chaque cellule, il faut repérer et identifier ce point particulier. Pour la synthèse et la compression des calculs (l'énumération spatiale occupant beaucoup de place mémoire) on utilise l'octree. L'octree est un prolongement en trois dimensions de l'idée du quadtree. La racine a huit fils qui, s'ils ne sont pas homogènes, ont à leur tour huit octree fils, et ceci de façon récursive [sch.9].

Comme chez Alberti, l'espace est découpé selon des carrés, voire des cubes, et la description des formes et des volumes passe par le recensement des intersections entre cette forme et le tissage, voire le maillage, de l'espace. Il s'agit dans ce cas comme dans l'autre d'une discrétisation de l'espace.

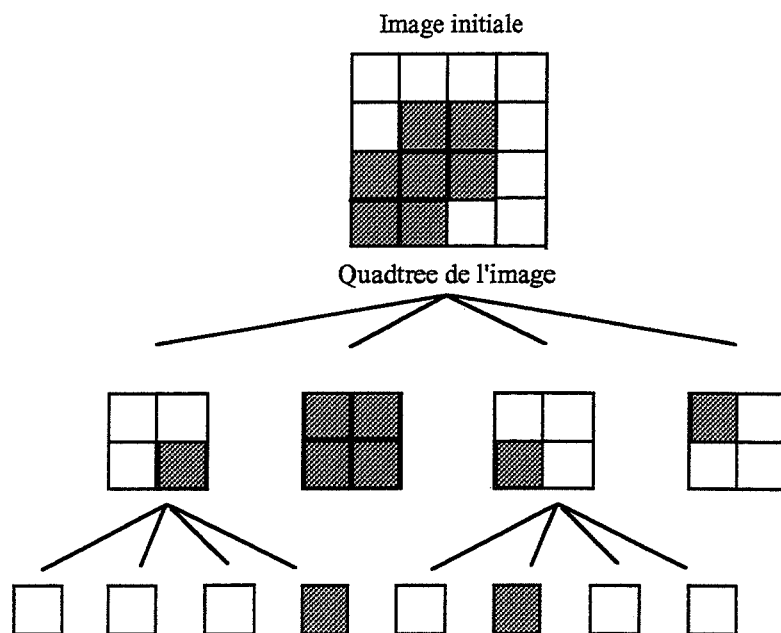


Schéma 8
Enumeration spatiale: le quadtree.

Néanmoins, la méthode qui me semble la plus proche d'Alberti reste celle de la représentation par frontière ou BREP. Un tel mode de représentation mémorise les faces, les arêtes, les sommets, les relations topologiques d'incidence, de contiguité, d'inclusion entre ces éléments [sch.10]. Nous sommes donc en présence d'une description selon des arêtes et des sommets, qui pourraient être assimilés aux contours d'Alberti; ces arêtes et ces sommets permettent de définir les faces, ce qui chez Alberti est décrit comme la surface; les relations topologiques d'incidence, de contiguité, d'inclusion déterminent le volume, constituant le membre selon Alberti, voire le corps, articulation des membres.

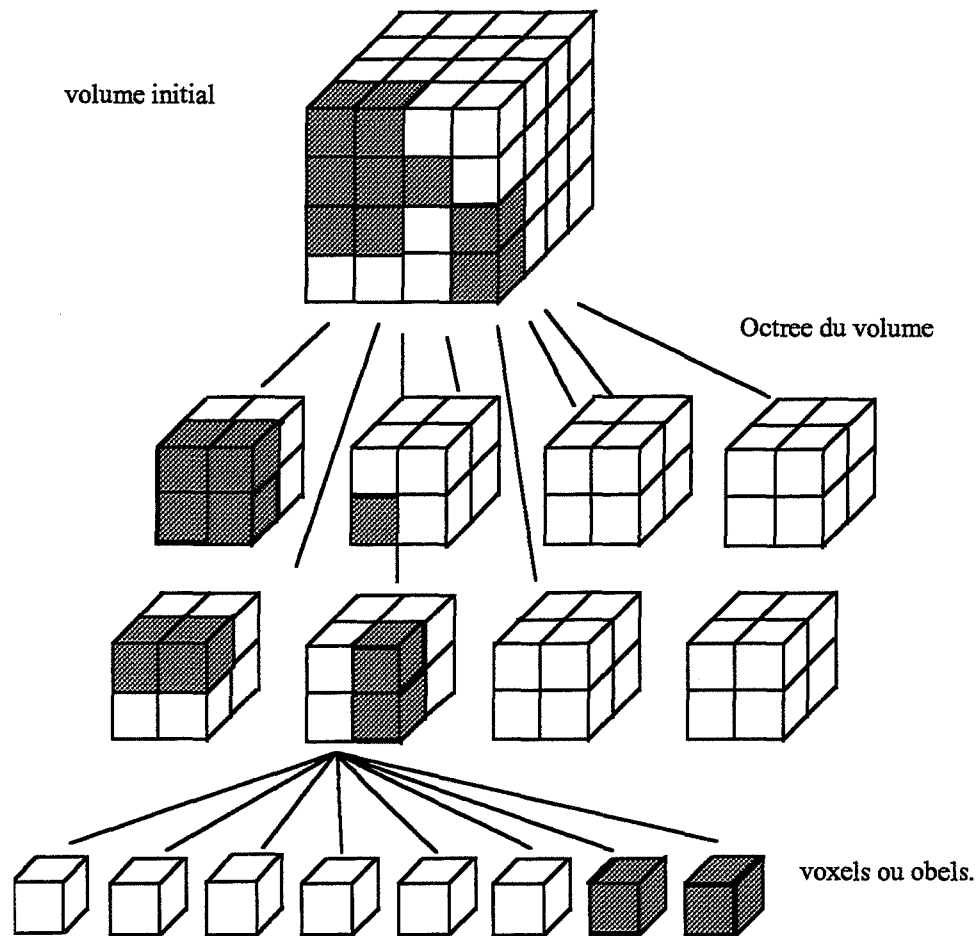


Schéma 9
Enumeration spatiale: l'octree.

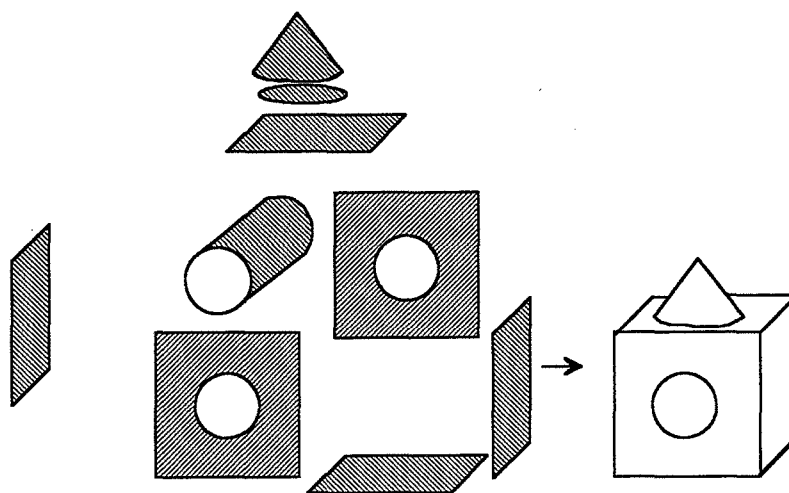


Schéma 10
Représentation par frontière ou BREP.

La description des objets en synthèse d'image⁷⁰, semble apparentée de façon troublante à la description qu'en fait Alberti, selon sa grammaire et son vocabulaire. La fiction opératoire d'Alberti colle parfaitement à l'abstraction numérique de la synthèse d'image, du moins en ce qui concerne la modélisation.

Etudions à présent le rendu. De quelle façon Alberti décrit-il la lumière? Quel est son rôle, son incidence sur les couleurs, et son importance dans le rendu de l'image? Le parcours de la lumière et son incidence sur les couleurs ne seraient-ils pas conçus et conceptualisés de façon semblable dans les algorithmes de visualisation?

4.1.6 La perception et la définition des couleurs.

L'approche de la lumière et des couleurs que nous propose Alberti me semble résolument moderne. Il est très surprenant de voir autant de modernité dans un traité du XV^e siècle. Ce qu'en ont fait les siècles, la peinture et les technologies, semble être une application et une assimilation des diverses notions exposées dans cet écrit. Je voudrais dans un premier temps parler de la couleur, puis traiter de la lumière. Il me paraît important de dresser un bref historique sur les différentes analyses de la couleur.

Nous pouvons distinguer quatre familles de pensée (ces interprétations de la couleur n'ont rien de chronologique). Dans une première famille, on pense qu'il n'y a aucun phénomène physique, aucun lien entre l'œil et l'objet. Tout se passe au sein d'une empathie entre l'œil et l'objet, par laquelle l'esprit voit l'objet, sans l'intervention de rayons ou de tout

⁷⁰ A ce sujet consulter *La synthèse d'images, traité des nouvelles technologies*, par Bernard Peroche, Argence Jacqueline, Ghazanfarpour Djmachid, Michelucci dominique, Ed. Hermes, 1988.

autre intermédiaire. La vision, pour les Néoplatoniciens (à partir du III^e siècle), est “purement psychique”. Deux autres écoles s'accordent sur un point de vue différent; ce sont les Pythagoriciens (à partir de 560 avt J.-C.) et Aristote (360 avt J.-C.). Selon eux, il existerait une radiation provenant de l'œil et en direction de l'objet. Pour les Pythagoriciens, les rayons émis de l'œil vers l'objet renseignent sur sa forme et sur sa couleur; pour Aristote, la vue se définit par l'action de l'objet sur les rayons émis par l'œil. Cette action se fait grâce à un intermédiaire invisible et immatériel (l'air) et dont la qualité transparente doit être activée par un matériau lumineux (soleil ou torche) pour remplir sa fonction. La troisième école, ferait état d'une interaction entre des “simulacres” émis par l'objet, et un “feu” issu de l'œil. Empédocle (480 avt J.-C.) détermine une interaction entre des “images” émises par l'objet et une action de l'œil, émettant comme un “feu” pour voir à la manière d'un esprit ou d'une âme (il semblerait être le premier à avoir émis l'idée que la lumière viendrait de l'objet et serait reçue par l'œil). Platon (400 avt J.-C.), explique quant à lui le phénomène par un pont qui se dresserait entre l'œil et l'objet, pont composé par la rencontre d'une émission des corps et de rayons issus des yeux. Quant à la dernière famille, elle constitue le courant de la pensée actuelle. Elle se base sur l'idée que les objets que nous voyons émettent des “radiations” auxquelles nos yeux sont sensibles. Newton (1642-1725) parle d'émission de particules de matière, extrêmement petites, provenant de la source lumineuse. Cette théorie est écartée par Young (1773-1829), qui considère la lumière comme un phénomène ondulatoire. L'analyse de l'œil lui permet de déceler trois sortes de cônes, sensible chacun à certaines couleurs. Helmholtz, explique que les impressions de couleurs proviennent de la composition de ces récepteurs, respectivement sensibles au rouge, vert et bleu primaire.

Les connaissances actuelles permettent de dire que le monde serait dépourvu de couleurs. Il y aurait la matière d'une part, et les ondes électromagnétiques d'autre part. Ce

serait uniquement la différence des longueurs d'onde qui permettrait de distinguer les nuances chromatiques. Ces nuances seraient également dépendante de la structure moléculaire de l'objet qui, selon les cas, absorberait ou réfléchirait la lumière incidente (c'est ce que l'on traite en synthèse d'image par la spécularité ou la diffusion).

Les couleurs seraient donc causée par des longueurs d'onde. La lumière blanche est composée d'ondes électromagnétiques visibles de différentes longueurs d'onde. A chaque longueur d'onde correspond une couleur. Toutes les couleurs visibles sont contenues dans la lumière blanche. Le spectre (réfraction de la lumière dans un prisme de verre) correspond au déploiement des ondes contenues dans la lumière et à leur classement systématique d'après les longueurs d'onde. Les couleurs du spectre sont le bleu, le cyan, le vert, le jaune, le rouge. Le blanc est donc composé de la somme des ondes électromagnétiques, et le noir signifierait l'absence de toute onde électromagnétique visible.

De là nous pouvons distinguer deux approches de la couleur; ces deux approches sont dépendantes de la nature des "corps" colorés. Le point d'arrivée, quelle que soit l'approche, est le mélange de la totalité des couleurs. Dans le cas de la synthèse soustractive, qui concerne le mélange de pigments, les couleurs primaires sont le jaune, le cyan et le magenta. Si l'on mélange ces trois couleurs, on obtient du noir. Il y a absorption de la lumière, d'où le nom de synthèse soustractive ou négative. Lorsqu'il y a mélange des couleurs, il y a un phénomène d'absorption partielle de la lumière. Le blanc constitue donc le point de départ de la synthèse soustractive, puisqu'il est le degré zéro d'absorption des ondes électromagnétiques, et que nous avons vu que le blanc était constitué de la somme de ces ondes.

Le blanc va par contre être l'aboutissement de la synthèse additive. La synthèse additive concerne la superposition de lumières. Les longueurs d'onde vont s'ajouter les unes aux autres définissant ainsi la couleur. Le noir correspond à l'absence totale d'ondes électromagnétiques visibles. Les couleurs primaires additives sont le rouge, le vert, et le bleu. Ce sont celles que l'on rencontre dans la télévision et en synthèse d'image. Le point de vue d'Alberti et l'état des connaissances dont il fait l'exposé dans son traité est pour le moins surprenant.

D'après lui, on distingue deux courants d'opinion sur la couleur. Certains philosophes recenseraient sept espèces de couleur réparties entre le noir et le blanc. Ces deux couleurs constitueraient les extrêmes d'une chaîne. Il serait défini une couleur intermédiaire entre ces deux extrêmes. Puis, entre la couleur centrale et chacun des extrêmes serait ensuite établie une autre couleur intermédiaire de part et d'autre de la première couleur déduite; et ainsi de suite jusqu'à obtenir les sept espèces de couleur. Partant d'un point de vue à peu près semblable mais plus radical dans sa pensée, le second courant d'opinion affirmerait, quant à lui, qu'il n'existe que deux couleurs pures dans la nature: le noir et le blanc. Cette théorie déclare d'autre part que toutes les couleurs naissent de leur mélange.

La théorie d'Alberti quant à elle semble relever d'une intuition tout à fait étrange et proche de la synthèse additive. "Il y a pour les peintres, conformément au nombre des éléments, quatre vrais genres de couleurs dont résultent de multiples espèces. Il y a, si l'on peut dire, la couleur du feu qu'on appelle rouge, celle de l'air qu'on appelle céleste ou perse, celle de l'eau, verte, et la terre qui a la couleur de la cendre"⁷¹.

⁷¹ Ouvrage cité p. 119, Livre I, p. 94-95.

Dans ces quatre couleurs fondamentales que nous décrit Alberti, nous trouvons déjà les trois couleurs primaires de la synthèse additive, les trois paramètres de couleur en synthèse d'image.

4.1.7 Visualisation: lumière et couleurs.

Regardons à présent son étude sur la lumière. La lumière, nous dit-il, est ce qui donne plus ou moins de blanc, plus ou moins de noir à la couleur. Il distingue deux sortes de lumière: celles recensées sous le nom générique de lumière des astres (provenant du soleil, de la lune, voire des étoiles) et celle des lampes et du feu. Son interprétation du parcours des rayons lumineux me semble curieusement pertinente. "L'ombre se forme lorsque les rayons lumineux sont interceptés. Les rayons interceptés sont réfléchis ailleurs ou bien ramenés sur eux-même. Ils sont réfléchis de la même manière que les rayons du soleil quand la surface de l'eau les renvoie sur les poutres des plafonds. Toute réflexion de rayons, comme le prouvent les mathématiciens, produit des angles égaux entre eux, mais cela concerne une autre partie de la peinture. Les rayons réfléchis s'imprègnent de la couleur qu'ils trouvent sur la surface par laquelle ils sont réfléchis"⁷².

Lorsqu'Alberti nous parle de rayons qui sont réfléchis ou "ramenés sur eux-même", ne fait-il pas allusion à ce que l'analyse et les sciences du XIX^e siècle nous ont permis de définir comme l'absorption de certaines longueurs d'ondes due à la structure moléculaire de la matière de l'objet réfléchissant?

⁷² Ouvrage cité p. 119, Livre I, p. 98-99.

Au regard de cette citation d'Alberti, il me semble nécessaire, voire indispensable de regarder comment se compose l'un des algorithmes les plus usités dans le rendu en synthèse d'image, le Ray-tracing, ou tracé de rayon.

La méthode du tracé de rayon a été introduite en 1968 par Appel et implantée dans un système de CAO-CFAO en 1971 par Goldstein et Nagel du MAGI⁷³. C'est un algorithme qui produit les images les plus "réalistes", au sens albertien du terme. Le tracé de rayon prend en compte de nombreux phénomènes optiques ; il permet de simuler l'effet de profondeur de champ, les miroirs non parfaits, la translucidité, etc...et même les ombres douces et la pénombre pour le tracé de rayon distribué.

En 1980, Whitted dans son article "An improved illumination model for shaded display"⁷⁴, présente des images avec des effets optiques comme la réflexion, l'ombrage sur objets opaques ou transparents. Cet article marque le début de l'essor du tracé de rayon, très long néanmoins en temps de calculs. Cependant en 1982, Roth propose des moyens d'accélération du calcul, et étend le champ d'application du tracé de rayon aux objets modélisés par un arbre CSG et à la visualisation interactive de type fil de fer. Cette même année, la méthode du tracé de rayon a été utilisée pour réaliser les images de synthèse du film "Tron".

Le principe du tracé de rayon est de prendre le chemin inverse de la lumière. Remonter à contre-courant les rayons lumineux.

⁷³ Mathematic Application Group, Inc.

⁷⁴ Extrait de Communication of the ACM, 23(6), Juin 1980, p. 343.

L'image est calculée pixel par pixel. L'ordinateur calcule tous les points d'intersection du rayon œil-pixel avec tous les objets de la scène. Le point le plus proche de l'œil est retenu. Nous retrouvons ici le voile qu'Alberti nommait "intersecteur", sur lequel il relevait point par point, case par case, le corps situé derrière ce voile⁷⁵. Ce rayon, issu de l'œil, est appelé rayon primaire; il a été lancé dans la scène pour trouver l'objet vu en un pixel.

Cette méthode simple et brutale a été nommée "brute force algorithm" par Sutherland. Cependant, une scène étant beaucoup plus complexe dans ses structures optiques que la simple rencontre d'un rayon avec un objet, le tracé de rayon s'en étoffe d'autant plus.

Prenons pour exemple une scène. Nous avons une lampe, source lumineuse ponctuelle, qui éclaire un objet. On suppose un point P de cet objet. De quelle façon va-t-on définir la couleur de ce point P? La couleur de ce point dépend de deux choses conjuguées: la couleur de l'objet, et son éclairement par la source lumineuse. Il faut par conséquent savoir si ce point est éclairé par la source lumineuse ou si un autre objet vient intercepter le rayon lumineux qui va de la source de lumière à l'objet. L'algorithme lance alors un rayon secondaire, partant du point P et allant vers la source lumineuse. Il teste les intersections avec tous les objets de la scène. Si il y a un objet entre le point P et la source lumineuse, alors P n'est pas éclairé par la source lumineuse mais par la lumière ambiante. L'algorithme peut prendre en compte plusieurs sources lumineuses, et lancer autant de rayons secondaires qu'il y a de sources lumineuses [sch.11].

⁷⁵ Voir le chapitre 3.2.5. *La perspective brunelleschienne ou perspectiva artificialis*, p. 119.

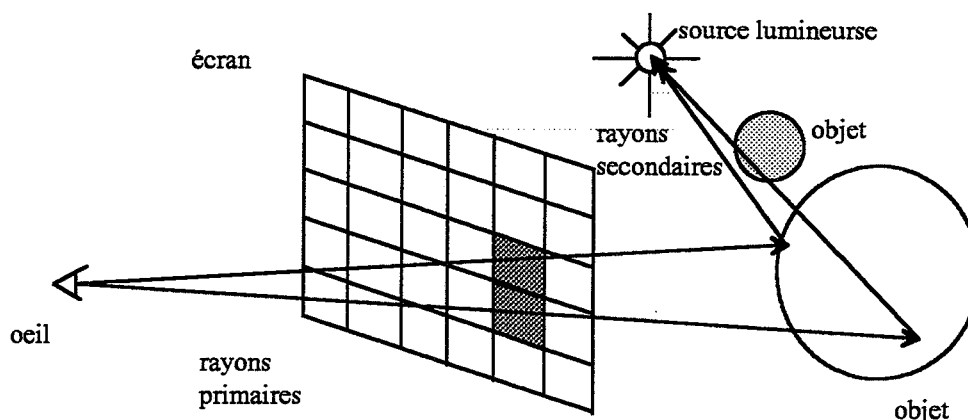


Schéma 11
Principe du tracé de rayon.

Cette méthode permet de donner des effets de miroir et de spécularité. Par exemple: soit un objet O vu en un point P . La couleur de P dépend de celle de l'objet réfléchi; il faut par conséquent déterminer la couleur de l'objet réfléchi O' . On lance un rayon secondaire de P vers la scène (direction symétrique du rayon incident en P (ou rayon primaire) par rapport à la normale de l'objet en P d'après les lois de l'optique géométrique de Descartes). Ce rayon secondaire permet de déterminer l'objet O' reflété en P ; et le point de O' reflété en P est P' . La couleur du point P' dépend de la couleur de l'objet O' et de son éclaircissement en P' . Nous retrouvons ici ce que nous expose Alberti: "Les rayons réfléchis s'imprègnent de la couleur qu'ils trouvent sur la surface par laquelle ils sont réfléchis". Un rayon tertiaire est alors lancé vers les sources lumineuses. Le processus s'arrêtera de lui-même car les rayons transportent de moins en moins d'énergie lumineuse, et au bout d'un certain temps, il est inutile de lancer d'autres rayons.

Le tracé de rayon classique délimite cependant une frontière entre les zones éclairées et les zones d'ombre. Le tracé de rayon distribué permet de simuler de nombreux effets optiques.

Il consiste à relancer les rayons en suivant différentes fonctions issues de lois physiques. Par exemple pour simuler les surfaces brillantes qui ne sont pas des miroirs parfaits, il fait appel à une fonction de réflexion spéculaire; pour une surface qui n'est pas parfaitement transparente, ce sera une fonction de transmission; pour une source non ponctuelle, une fonction d'éclairement; pour simuler la profondeur de champ, la loi optique d'une lentille; etc...

A la lumière de ce bref exposé sur le tracé de rayon et le texte d'Alberti, nous trouvons une similitude frappante entre les deux concepts. Ce texte, fondateur de la peinture occidentale du XV^e siècle à nos jours, garde une modernité pour le moins troublante. Il me semble que la mise en présence de la technique utilisée en synthèse d'image et le concept exposé par Alberti, permet de mieux cerner la présence implicitement culturelle de la *perspectiva artificialis* en synthèse d'image. Ce modèle résolument mathématique trouve tout naturellement son application dans les calculateurs d'images.

4.1.8 Perspective et architecture.

Le dernier point qui me semble justifier l'usage unique et quasiment institutionnel de la *perspectiva artificialis* en synthèse d'image, est l'architecture.

Si nous observons les motivations et les applications premières de la perspective, nous nous apercevons qu'elles ont surtout eu cours en architecture. Ceci s'exprime de façon tout à fait limpide dans le cheminement même d'Alberti. De formation universelle, à 24 ans, il obtient une licence en droit canon, et au cours d'une maladie, étudie la physique et les mathématiques. Il s'intéresse également à l'art des lettres; il se lie d'amitié avec Brunelleschi et Donatello, et participe aux polémiques littéraires de l'époque. Vers 1444, à l'âge de quarante

ans, il trouve dans l'architecture, le moyen de développer pleinement ses croyances, ses convictions et ses connaissances. En 1452, il achève son grand traité sur l'architecture, *De Re Aedificatoria*, qui sera repris et approfondi plus tard par Filarète.

Au niveau des réalisations, l'application de la perspective en peinture, avec tout ce qu'impliquent l'assimilation et le réinvestissement des règles de l'*historia*, sera assez longue et beaucoup moins prompte qu'en architecture. La conception mesurée et géométrique de l'espace, va dans un premier temps être largement utilisée en marqueterie, art de la mesure. Les compositions type, dépouillées de courbes et de tout élément "naturel", que l'on rencontre dans des peintures, des dessins ou des œuvres de marqueterie, laissent supposer un statut d'étude pour les œuvres graphiques. De nombreuses vues urbaines en marqueterie correspondent, dans leur schéma structurel aux perspectives d'Urbino [fig.31]; de grandes places vides dont le sol est recouvert d'un dallage composé de carrés et de triangles, entourées de bâtiments quasiment symétriques de chaque côté, où siège au centre de la place un monument célébrant une victoire ou le siège d'un culte important. L'application rapide de la perspective en marqueterie s'explique de plusieurs façons. Dans un premier temps, il y a Brunelleschi, qui fit connaître de suite ses dessins et schémas aux praticiens de la *tarsia*, art de combiner les bois. Par ailleurs, ces artisans florentins, véritables spécialistes de l'orfèvrerie du bois étaient couramment nommés "*maestri di prospettiva*". Dans un second temps, il y a l'analogie entre la nature de la perspective et la nature de la marqueterie. La *perspectiva artificialis* n'est pas seulement une pensée mathématique cohérente, mais également un procédé d'analyse et de construction de l'espace et de la surface, bases de la marqueterie. La marqueterie semble à ce titre, le terrain idéal de l'exploitation des découvertes et des curiosités mathématiques.

La destination architecturale des réalisations de marqueterie s'inscrit dans leur utilisation; en effet, elles sont souvent proposées dans un trompe-l'œil décoratif, faux placards où se rangent divers objets, fenêtres illusoires sur des ruelles désertes, niches feintes, destinées à abriter un Saint quelconque. Elles sont là pour mêler l'imaginaire et le réel; ce sont des lieux qui trompent. L'application de ces structures décoratives (car il s'agit essentiellement de décoration; les panneaux d'Urbino ne sont-ils pas simplement des devants de cassones?) au théâtre va se faire peu à peu. Il y a un mouvement de la peinture, et plus spécifiquement de la marqueterie au théâtre. Cette relation entre les sciences, les Arts et les artisans aura été l'œuvre principale de Paolo Uccello, véritable "intermédiaire entre les artistes mathématiciens et les artisans"⁷⁶.

Il est très difficile d'appliquer aux formes de la nature, d'où la droite et les angles mesurés sont absents, des règles tirées de la géométrie. «Le "contenu architectural" prend le pas sur la "forme picturale"»⁷⁷.

Les perspectives urbinates sont une démonstration impressionnante de la nature de la découverte de Brunelleschi. En revenant également sur cette découverte en elle-même, n'est-ce pas en tentant de re-présenter une architecture, à savoir le baptistère San Giovanni, que fut mis en place le procédé même de la *perspectiva artificialis*? Les travaux de Brunelleschi ne sont-ils pas la représentation de la place de la Seigneurie, la Loge, le Palais, autant de lieux empruntés à l'architecture de la cité florentine? L'architecture s'inscrit à la base de ce projet, s'impose même en tant que support et ordonnateur de la vision.

⁷⁶ André Chastel, *Fables, Formes Figures*, volume I, Ed. Flammarion, p. 322.

⁷⁷ Hubert Damisch, *L'origine de la perspective*, ouvrage cité p. 113, p. 162.

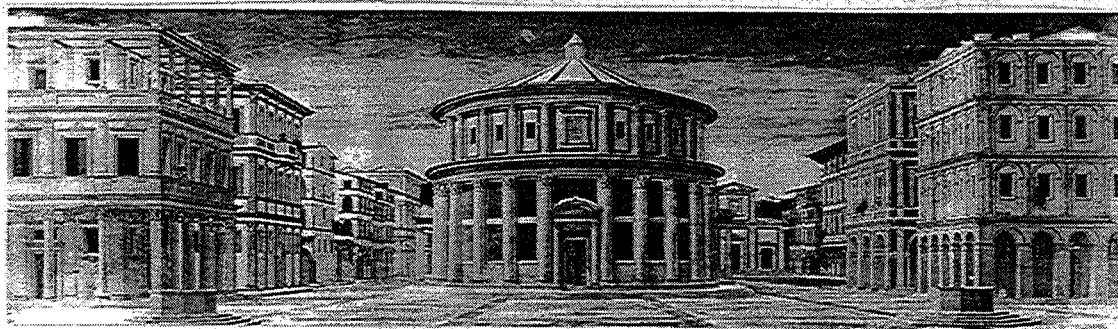


Figure 31
Perspective urbinata, panneau d'Urbino, v. 1490-1500
Urbino, Galleria Nazionale delle Marche.

Qu'en est-il en synthèse d'image?

Dès que l'ordinateur a été suffisamment puissant pour dépasser l'état de "boulier électronique perfectionné"⁷⁸, ses rendus et ses structures mathématiques pouvaient déjà permettre l'application dans le domaine de l'architecture, des projections automatiques. Les applications artistiques étaient essentiellement conceptuelles, et rapidement, les techniques de rendu propulsèrent la présentation séduisante des projets d'architecture au premier rang. L'application architecturale de l'infographie, et sa diffusion beaucoup plus proche du public que les salles d'exposition, dont seul le public averti avait (et encore aujourd'hui!) connaissance, ont fini par imposer la projection brunelleschienne et l'architecture au devant de la scène de la synthèse d'image⁷⁹. Par ailleurs, la place importante, voire prépondérante, de l'architecture dans la synthèse d'image et son lien profond, voire ombilical, avec la *perspectiva artificialis*, se trouvent dans l'essence même de l'architecture. Qu'est-ce qu'une image architecturale? Quel est son objectif?

⁷⁸ Edmond Couchot, *De l'optique au numérique*, ouvrage cité p.153, p. 125.

⁷⁹ Je voudrais spécifier que depuis une petite dizaine d'années, la synthèse d'image s'exprime et s'expose de plus en plus à travers la télévision, mais que les premières images "grand public" ont cependant été des images d'architecture.

Une image d'architecture est là avant tout pour dévoiler un *projet*. Elle donne une idée visuelle d'un concept spatial, elle "procède d'une décomposition du bâtiment qui informe sa construction"⁸⁰. Il s'agit par conséquent, lorsqu'on réalise un dessin d'architecture, de donner une idée visuelle d'un *projet*, donc de quelque chose de virtuel. Par ailleurs, ce *projet* est fait de mesures, de géométrie, de dimensions; tous les termes et tous les concepts véhiculés dans la *perspectiva artificialis*, mais également dans la nature même de la synthèse d'image. Il faut cependant bien situer la nature des dessins d'architecture. Deux destinations bien distinctes sont au cœur de ces réalisations. Il y a la présentation du projet au client, qui doit donner une idée du résultat final, mais il y a également le dessin technique destiné aux ingénieurs et aux techniciens qui vont réaliser le projet. Le dessin d'architecture requiert donc à la fois des qualités techniques et des qualités esthétiques. En traçant très brièvement l'histoire de cette discipline, nous pouvons constater une évolution tout à fait intéressante. Au XV^e siècle, tandis qu'Alberti rédigeait et dévoilait son traité d'architecture, *De Re Aedificatoria*, les architectes renouaient avec Vitruve et ses *Dix Livres d'Architecture*. La présentation des projets devait passer par une présentation "réaliste", comme pouvait le permettre le système de projection brunelleschien. Puis, on constate au XVII^e siècle un abandon de la *perspectiva artificialis*, essentiellement utilisée par les peintres et notamment pour les jeux de perversion qu'elle peut susciter. Ces jeux sur la perspective ont mis à jour sa fragilité, voire son inadéquation à une volonté de présentation réaliste d'un projet. Au XVIII^e siècle, face à cette impasse sur la présentation du projet, Gaspard Monge élabore la géométrie descriptive. Cette technique de dessin, permettant de voir un objet sous tous ses angles s'avère d'une part très complexe dans sa réalisation et d'autre part difficilement déchiffrable. Au XIX^e siècle, on arrive à une scission au sein même du dessin d'architecture, dont les deux destinations, figuration et description technique, s'accordent mal. Il y a donc une distinction très nette entre le projet d'architecture

⁸⁰ Article de Jean-Michel Savignat, extrait de *L'image en architecture*, Ed. IRIAM, p. 19.

et le projet d'exécution. On constate, à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle beaucoup de présentations réalisées avec une perspective axonométrique. Aujourd'hui, tous les rendus semblent équivalents dans leur utilisation. Indifféremment la présentation d'un projet peut se traduire dans une perspective brunelleschienne ou une projection axonométrique. Il s'agit avant tout d'un choix esthétique de la part de l'architecte. Nous verrons plus tard, qu'au sein des matrices de projection des modeleurs 3D (Trois Dimensions), nous rencontrons ces deux systèmes de projection, dont l'utilisation essentiellement architecturale confirme l'importance et la dominance structurale de cette approche esthétique de l'image.

Ces divers rapports entre la perspectiva artificialis, l'ordinateur, et l'image de synthèse, tant au niveau des concepts que des applications, sont autant de raisons pour l'utilisation exclusive de la perspective brunelleschienne en synthèse d'image.

Avant d'exposer les possibilités et les raisons qui permettraient d'introduire d'autres modèles et d'autres concepts de projection, il me semble essentiel de situer le rôle et les orientations de l'Art dans ce monde électronique.

4.2

OPTIONS ESTHETIQUES DE L'IMAGE DE SYNTHESE.

Dès 1960, les artistes s'emparent de l'outil informatique, dans un premier temps les musiciens puis les plasticiens. Les évolutions de l'exploitation artistique de l'ordinateur vont être multiples. Situer la recherche que j'ai entreprise dans son contexte nécessite obligatoirement un inventaire des orientations de l'expression artistique par ordinateur.

Révélation d'une genèse, révélation d'une synthèse, plusieurs attitudes artistiques existent en ce domaine. Sous-jacent à toute image de synthèse, il y a le langage, la structure, l'algorithme. Le langage est la base de tout objet de synthèse, c'est lui qui permet de simuler telle ou telle chose. Au niveau des orientations artistiques, on peut distinguer trois comportements distincts, par rapport au rendu de l'image.

4.2.1 Simulation des phénomènes naturels.

Il y a ceux pour qui la simulation, la création de modèles, est une chance formidable de comprendre la nature, l'essence des choses. Ils aspirent à une vision scientifique des modèles. Nous ne sommes pas sans ignorer qu'au niveau observation et acquis scientifiques, la photographie a été un outil extraordinaire, sans lequel les connaissances ne seraient pas ce qu'elles sont ; pour ne prendre comme exemple que Degas qui, au XIX^e siècle, a dessiné toute

une série sur les chevaux, courses hippiques, etc..., dont la physionomie n'est pas sans surprendre aujourd'hui, puisque ne correspondant pas à la réalité des mouvements du galop analysés grâce au cinéma. Cette attitude quasi photographique du rendu est prédominante en image de synthèse.

Dans un premier temps, nous pouvons citer toutes les recherches hyperréalistes, tentant de simuler les phénomènes naturels. La destination de ces travaux peut être aussi bien artistique que scientifique. A ce titre, le film *Splash Danse* de Michael Kass, réalisé en 1990, est tout à fait significatif. Une surface de terre est couverte peu à peu par des gouttes de pluie. Sa couleur s'assombrit; la terre devient humide. Des flaques se forment jusqu'à noyer la surface. Puis ce sont des vagues qui envahissent l'image; reflet de la terre, miroir du ciel. Un paysage de montagne élargit le point de vue; l'eau s'écoule dans une vallée aride, comme si elle venait d'un plateau submergé par la pluie. Une description plus poussée sur la montée des eaux nous offre un gros plan sur une vague qui vient lécher un bout de terre. L'eau monte par vagues, humectant peu à peu le sol. La pluie se conjugue à la montée des eaux; l'effet de ses gouttes vient renforcer l'imprégnation acceuse de la terre. Puis les vagues de la rivière et les flaques envahissent l'espace argileux (semble-t-il!); la pluie continue de tomber, et clapote à présent sur une flaque d'eau.

Les objectifs de ce film sont doubles. Nous sommes en présence d'une démonstration de la capacité hyperréaliste de l'image de synthèse. Montrer que des algorithmes peuvent rendre de façon tout à fait semblable au cinéma, les effets de reflet et la fluidité naturelle des éléments. Il y a une prise en compte de tous les phénomènes physiques. L'interprétation de ces phénomènes est principalement scientifique. Par conséquent le souci esthétique se trouve réduit à une analogie filmographique. Déplacer la frontière entre le réel et le virtuel; la rendre

incertaine, tel est l'objectif d'une semblable réalisation. Quant à l'intérêt scientifique d'un film de ce genre, il est évident. Il traite à la fois de la mécanique des fluides et suppose par conséquent une interprétation mathématique très poussée du phénomène physique, et des problèmes d'érosion. A ce titre, nous pouvons citer tous les travaux entrepris sur l'évolution des sols, prenant en compte la nature des terrains, le climat, l'orientation, qui sont autant d'outils pour les géologues et les entrepreneurs. La connaissance du terrain et l'anticipation sur les phénomènes d'érosion peut parer à bien des erreurs. Cette option hyperréaliste de l'image de synthèse semble donc avoir avant toute chose des objectifs scientifiques, et ne se poser en aucune façon de problèmes esthétiques.

Dans ce registre de l'image de synthèse, nous ne trouvons pas uniquement des réalisations à destination scientifique. Un certain surréalisme est très présent dans ce mode d'expression. Il existe de nombreuses réalisations de fiction, qui pour la plupart partent d'un contexte "réaliste", avec des scènes composées de natures mortes. Les objets s'animent peu à peu, inspirés du monde du cartoon ou du monde du fantastique.

Cet animisme est à la base des réalisations de John Lasseter. Pour ne citer que deux de ses œuvres majeures, "*Tin Toy*" et "*Knick Knack*". Dans l'une de ces réalisations, il s'agit d'un jouet effrayé par un bébé qui dès qu'il s'empare d'un objet, le jette à travers la pièce. Le jouet va tenter par tous les moyens d'échapper à l'enfant. Dans l'autre film, l'histoire se passe sur une étagère; des bibelots "hawaïens" se balancent de façon indolente. Un bonhomme de neige, coincé dans une bulle regarde cette scène. Il est, lui aussi, un souvenir de voyage. Attiré par une dulcinée hawaïenne aux formes avantageuses, il invente toutes sortes de stratagèmes pour s'échapper de l'hémisphère de plastique où il se trouve enfermé. Les objets inertes s'animent de sentiments humains; la crainte du jouet; la flamme du bonhomme de neige.

D'autres films jouent sur ce registre, et ils sont légion dans les réalisations audio-visuelles de synthèse d'image. Le côté grotesque et humoristique des sentiments accordés aux objets est dû en grande partie au "réalisme" du rendu de ceux-ci et à l'expression caricaturale qui leur est attribuée. La référence photographique et cinématographique est incroyablement présente. Le rendu de telles réalisations est très poussé dans la recherche des textures, les effets de lumière, la specularité, la diffraction, les reflets.

"Night Cafe" de Sharon Calahan joue sur ces deux registres. D'une part sur la capacité des algorithmes à rendre les effets de lumière que peut saisir une caméra, d'autre part sur une histoire de poivrier et de salière qui s'aiment sur le comptoir d'un bistrot. Le poivrier se trouve bousculé par un sucrier qui s'empare de sa cavalière. Par ruse, le poivrier parvient à faire basculer le sucrier hors du comptoir, et se trouve à nouveau avec l'objet de ses désirs. Ne retrouve-t-on pas ici le schéma tant connu de Popeye qui se bat pour sa fiancée Olive contre le méchant Brutus?

Les objectifs de ces réalisations, que ce soit John Lasseter, Sharon Calahan, ou d'autres, sont avant tout des objectifs cinématographiques. Le bon film est basé sur une bonne histoire. La description de ces productions parle d'elle-même. Toute description ne retient que l'essentiel. Or en quoi consiste la description de ces films? Le récit d'une histoire. L'illusion de cette bonne histoire est fondée sur son analogie visuelle à la saisie de la caméra. Le problème esthétique est un problème de mise en scène et de scénario. L'attention de l'artiste se trouve absorbée par le souci des compositions des scènes et celui des rendus. Son attitude se rapproche des peintres flamands.

Une réalisation plus récente pousse encore plus avant ce parti pris cinématographique de la synthèse d'image; il s'agit de *"The invisible man"* de Blindlove. La présentation du film est très proche des films des années 40, réalisés sur la prohibition aux Etats-Unis. Reprenant le thème de H.G.Wells sur l'homme invisible, les auteurs de ce film ont animé l'espace et les objets d'une pièce comme si un personnage se trouvait à l'intérieur de la pièce. Il allume la lumière; déclenche le ventilateur; par le mouvement d'air de son déplacement, une feuille de papier s'envole du bureau vers le sol; fouille dans les tiroirs de son bureau; enfle des lunettes (la caméra devient l'œil de l'homme, c'est elle par conséquent qui met les lunettes!); le personnage se trouve symbolisé par les lunettes. Puis il boit une chopine de whisky; ouvre un coffre; prend une bague dans le coffre; la bague et les lunettes se dirigent vers la sortie; il met le chapeau et s'en va. Le personnage est alors représenté par un chapeau, des lunettes, et une boîte de bague. Les objets racontent l'histoire, suggèrent le personnage. Le virtuel vient suggérer le réel.

Pourquoi le choix des sujets de ces films s'est-il orienté sur les objets? Il faut remarquer que pour la plupart des objets concernés, il s'agit d'objets manufacturés. Leurs formes sont donc des formes simples et lisses, composées de surfaces régulières. L'analyse et l'interprétation des phénomènes physiques est beaucoup moins complexe lorsqu'il s'agit d'objets simples. L'"hyperréalisme" de ces objets est par conséquent plus facilement accessible. La modélisation de personnages à l'apparence humaine est beaucoup plus compliquée. Les mouvements de l'être humain sont complexes et génèrent à chaque déplacement une modification de la morphologie de la surface, puisqu'à chaque fois un muscle s'anime sous la peau. Des tentatives ont été menées dans ce domaine par Daniel Thalman et Nadia Magnenat-Thalman. Ils ont tenté de reproduire une Marilyn de synthèse qu'ils présentent dans leur film *"Flashback"* [fig.32]. L'image est certes assez troublante, mais le

personnage garde toujours cet aspect "latex", par une chevelure plaquée et un mouvement assez rigide de la robe. Néanmoins, ces particularités ont été en partie gommées par des recherches entreprises sur le mouvement et la réaction des textures aux souffles de l'air, ainsi qu'une nouvelle modélisation de la chevelure. Les films réalisés dans ce domaine de la recherche ne sont pas des films entrepris pour raconter une histoire, mais sont destinés à mettre en scène une découverte technologique.

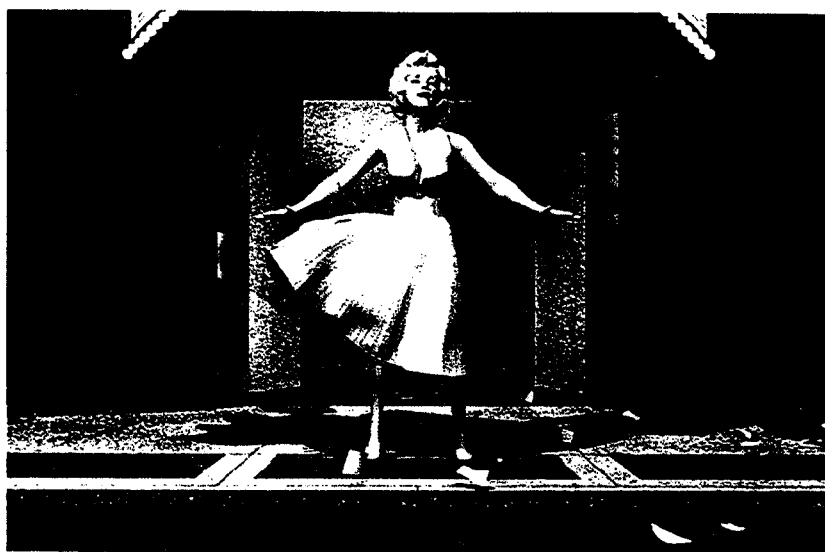


Figure 32
Daniel Thalman, Simulation de Marilyn, extrait de "Flashback",
Réalisation Université de Genève.

De nombreuses publicités ont exploité cette capacité de la synthèse d'image à donner l'illusion d'objets réels et de leur attribuer une vie, une personnalité. Cette voie est d'ailleurs celle qui se trouve le plus développée dans le domaine de la recherche, car elle peut permettre une imbrication de plus en plus fine et pernicieuse entre le réel et le virtuel. Abondamment utilisée dans le domaine des effets spéciaux, elle permet aux films de prendre une dimension fantastique tout à fait nouvelle. Nous voyons dans *"Willows"* un long serpent d'eau qui se glisse dans les pièces d'un vaisseau pour devenir un miroir tridimensionnel des personnages présents dans la pièce. La surface de l'eau ne reflète plus seulement le visage, comme au temps de Narcisse; elle prend les volumes et les traits des personnages, les expressions. Il n'y a plus

seulement reflet; il y a "volumisation". La simulation des phénomènes naturels et l'interprétation des observations scientifiques se trouvent au cœur de semblables réalisations. Le problème du rendu est le même que celui qu'a pu se poser Van Eyck ou tout autre peintre flamand de la Renaissance. L'image de synthèse s'inscrit dans une dynamique cinématographique classique; elle doit par conséquent simuler la saisie de la caméra. Ce n'est pas une simulation de la "réalité" dans son entité absolue, mais simulation d'une "réalité cinématographique".

Parmi les dernières réalisations, nous pouvons remarquer tout particulièrement *Devil's mine*, où le spectateur se trouve projeté dans le film. Il n'y a plus l'idée de spectateur devant un film, de caméra, intermédiaire scriptural racontant une histoire. Le point de vue unique de la caméra est assimilé au regard d'un personnage qui serait placé dans un wagonnet de mine. Dévalant les dédales de boyaux miniers envahis de toiles d'araignées, où le rail parfois usé fait défaut, secoué par les soubresauts de virages abruptes ou de chutes vertigineuses compensées par des ascensions renversantes, la caméra a été affectée de tous les facteurs physiques de forces et de cinétique qui peuvent intervenir lors d'un tel parcours. L'image de synthèse prenant l'option de plus en plus forte de la simulation permet aujourd'hui de devenir chariot, de ressentir visuellement une trajectoire avec tous les chocs, accélérations et forces centrifuges qu'elle comporte.

4.2.2 L'évolutionisme.

Un autre domaine proche au niveau du rendu des simulations de phénomènes naturels, mais qui fait appel à d'autres orientations de recherche, devient de plus en plus important en synthèse d'image. Depuis peu, il se nomme de façon générique, *évolutionisme*. Il s'agit

d'introduire dans un ordinateur des êtres mathématiques qui se développent et s'autogénèrent comme un arbre qui pousse dans la nature. On peut de façon très disparate, néanmoins homogénéisée dans la nature du concept, inclure dans ce domaine le travail de Manfred Möhr, celui de Michel Bret et de Yoichiro Kawaguchi, et ceux de William Latham et Karl Sims.

D'un point de vue historique, ce courant pourrait être recensé comme le premier de l'expression artistique sur ordinateur. Au tout début, les possibilités de rendu étaient très réduites, se limitant à des tables traçantes monochromes et des imprimantes à caractères alphanumériques. La pauvreté des moyens, permet de développer le concept d'un art sur ordinateur. L'outil informatique apparaît dans un moment de l'histoire de l'Art où, suite au Cubisme, Surréalisme et Dadaïsme, et avec l'élan prodigué par le Bauhaus, l'abstraction bat son plein. L'art sur ordinateur va donc, dans ce courant artistique et dans sa nature profonde, s'orienter sur cette voie de l'abstraction. De quelle façon va-t-il s'exprimer?

Dans sa nature, l'ordinateur est un calculateur, basé sur un système binaire, 0 et 1, oui ou non, noir ou blanc. L'artiste va donc avoir pour tâche d'éclairer la nature obscure et nouvelle de cette machine. Son travail va se baser sur les curiosités que peut permettre un langage structuré automatisé (nous retrouvons ici une analogie à la peinture automatique développée par Jackson Pollock). Ces automatismes, ce sont ceux qu'a exploité Manfred Möhr. Les réalisations de Manfred Möhr, sont des impressions sur table traçante. Le rendu, très abstrait, est constitué de lignes, noires sur fond blanc ou blanches sur fond noir, résultantes d'algorithmes [fig.33]. Ces lignes, il les nomme des "êtres mathématiques". Elles sont les formalisations, les traces scripturale d'une pure abstraction mathématique. "Ces signes ne renvoient qu'à eux-mêmes, et leur contenu témoigne de l'histoire de leur fabrication"⁸¹.

⁸¹ Citation de Manfred Möhr, extraite du *Catalogue Electra*, 1983, p.412.

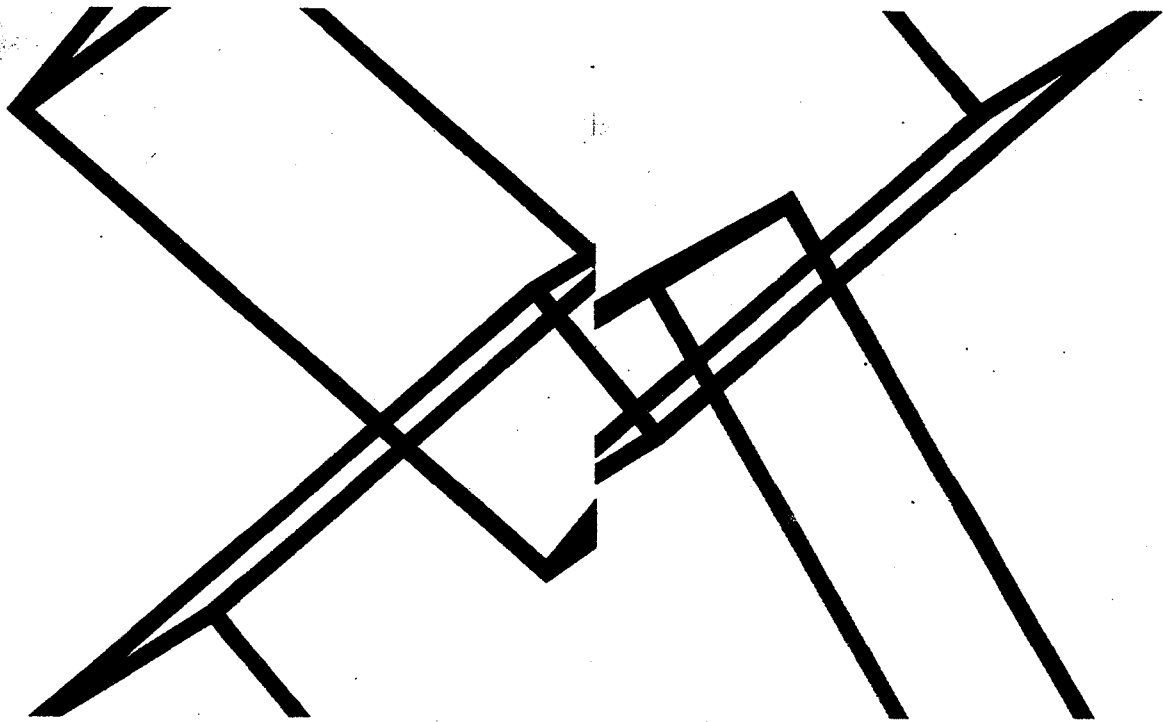


Figure 33
Encre sur papier, par Manfred Möhr, 1983.

Ces images sont les témoins de l'état d'une génération, d'un instant t prélevé dans l'évolution d'un être mathématique. Certes, le concept peut paraître embryonnaire, et son rendu peu convaincant, mais il est néanmoins la première ouverture vers une expression conceptuelle de l'art de synthèse. Le rendu linéaire noir et blanc est très loin dans son esthétique plastique, des autres réalisations retenues dans cette catégorie. Evolution des technologies, évolution de l'approche artistique, fascination des couleurs et des écrans, voici quelques unes des raisons qui ont pu guider le cheminement du concept vers des réalisations comme celles de Michel Bret et de Yoichiro Kawaguchi.

Pourquoi rapprocher le travail de ces deux artistes? A la base, les motivations de leurs travaux sont sensiblement différentes. Chez Michel Bret, il semble s'agir avant toute chose d'une idée de métamorphose. Les objets, ou plus précisément les silhouettes, dans un mouvement permanent de palpitations, se transforment en oiseaux mécaniques ou carcasses

préhistoriques dentelées, aux membres en colliers de perles. Dans son film *"Tacauto"*, des polypes colorés dansent sur un air de Tcha-tcha. Ils s'extirpent d'une paroi, comme dans un espace liquide et visqueux d'un organisme vivant [fig.34]. Puis elles donnent naissance à d'autres formes. Parfois, de ces formes confuses en perpétuel mouvement aux couleurs kaléidoscopiques, viennent se découper ces animaux "perlesques" qui se fondent de façon indécélable, à nouveau au décor. Il y a mouvement, métamorphose, évolution.



Figure 34
Tacauto, par Michel Bret, 1988.

Le travail de Yoichiro Kawaguchi est quant à lui inspiré de la mer et de la nature. Dans cet élément liquide des formes fluides, imprégnées de reflets, s'animent. Des appendices gonflent et déforment des parois; trempées dans un arc-en-ciel de couleurs, ces anémones se ploient et se déploient. Ce sont des anémones imaginaires; un univers complètement abstrait [fig.35]. Le principe de la vie est à la base du travail de Yoichiro Kawaguchi. Il recherche les lois mathématiques qui régissent les structures des organismes vivants, puis réinvestit les algorithmes dans une modélisation d'objets qui battent au rythme lent de la vie. Nous retrouvons ici trois caractéristiques essentielles du travail de Michel Bret: le mouvement perpétuel des palpitations, l'élément liquide ou un espace fluide, et enfin la métamorphose des couleurs et des formes. Bref, un monde dont l'agitation permanente constitue l'évolution.



Figure 35
Eggy, par Yoichiro Kawaguchi, 1990.

La description de ces réalisations peut paraître fort éloignée des encres sur papier de Manfred Möhr. Elles répondent cependant à la même nécessité: l'autonomie et le hasard des algorithmes. Algorithme mathématique dont Manfred Möhr saisit l'instant unique et particulier de son évolution; autre algorithme ne répondant plus à des lois de logique intrinsèque, mais à des lois prélevées dans la nature et de la vie; le tout ayant cette qualité si particulière du pinceau du peintre qui vient caresser la toile de cette façon si hasardeuse et pourtant tellement réfléchie! Expression d'un hasard contrôlé par une logique autonome des calculateurs, croissance, tels sont les deux caractéristiques principales de l'évolutionnisme.

Des présentations plus imagées et "réalistes" de cette branche de l'art informatique, se rencontrent dans les productions de Karl Sims et William Latham. Biologiste de formation, Karl Sims a mis au point une véritable "génétique de synthèse", permettant la génération autonome d'objets selon des algorithmes très complexes. L'inspiration scientifique et biologique de son travail transpire dans son œuvre: "*Panspermia*" [fig.36]. Des sortes de pistils, positionnés au cœur de feuilles, propulsent comme des canons, à travers l'espace, des graines. Ces graines se déposent sur une terre; des plantes se déploient peu à peu; des plantes imaginaires qui, comme dans la nature, sont des individus dissemblables les uns des autres, tout en ayant une espèce, une race commune. Chaque plante se développe selon un même processus d'évolution, mais qui prend en compte des caractéristiques

“chromosomico-algorithmiques”, générant à partir de ce programme de base un individu unique et particulier. On retrouve ici le principe de développement de tout être vivant. Son patrimoine génétique va définir sa taille, la couleur de ses yeux, de ses cheveux, sa corpulence, sa pigmentation épidermique, etc... tout ce qui fait l'unicité de chacun. Nous ne nous trouvons plus dans un contexte de simulation cinématographique (bien qu'elle soit présente en tâche de fond) mais dans un univers de démiurges qui tentent de percer le secret de la vie dans ce qu'elle a de plus intime, son évolution.



Figure 36
Panspermia, par Karl Sims, 1990

Les algorithmes sur lesquels travaille Karl Sims sont inspirés des logiciels évolutionnistes conçus par Stephen Todd pour William Latham. En 1984, William Latham invente un arbre d'évolution des formes, basé sur des formes géométriques simples. L'évolution des formes est inspirée de la sculpture et non pas de la biologie comme chez Karl Sims. Le rendu est très singulier; nous sommes en présence de colliers de boules constituant des sortes de coquillages ou d'étoiles. Ces objets, en tournant sur eux-même sont sujets à des transformations douces et complexes; ce sont des figures de style complètement abstraites [fig.37]. L'artiste peut intervenir sur l'étape qu'il souhaite de l'évolution. Une seule modification peut provoquer un résultat incroyablement différent. “Une suite de paramètres de longueur égale à celle d'un numéro de téléphone créera une forme ressemblant à un œuf avec une corne naissante. Si l'on

change les paramètres dans la suite, la forme est modifiée, si l'on ajoute des paramètres, la forme évolue vers un état plus complexe"⁸². L'attention de l'artiste se trouve aspirée dans une spirale de mutations autonomes, contrôlée par quelques chiffres tapés sur un clavier, comme le sculpteur qui, par un seul coup de ciseau, peut complètement modifier son œuvre. Le côté esthétique de ces réalisations est essentiellement basé sur la qualité plastique des formes et non pas sur leur perspective ou leur réalisme. L'intérêt se situe au niveau du concept de génération; l'image n'est là que pour montrer, voire démontrer, les qualités des algorithmes. L'art s'éloigne de la préoccupation exclusivement plastique, pour être un acte de création totale, générateur de vies autonomes. A la frontière des sciences physiques, mathématiques, biologiques et des arts de l'image et de la sculpture, nous retrouvons dans ce domaine le particularisme intrinsèque de la nature de l'image de synthèse: s'adressant à la vue, elle est l'image de la synthèse des connaissances.

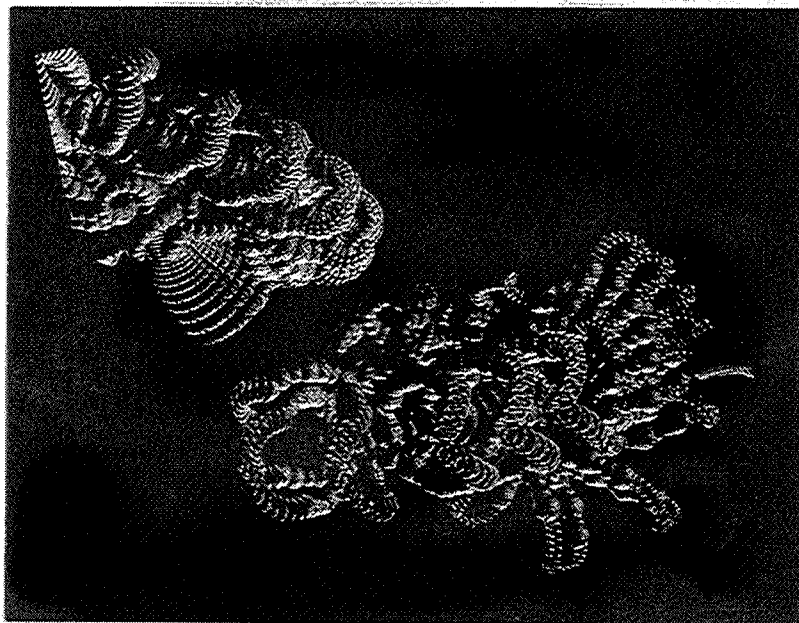


Figure 37
Mutation, par William Latham, 1990

⁸² Interview de William Latham par Takis Kyriakoulakos, extrait de la revue *Tech Image*, n°18, oct-nov 1991, p. 29.

4.2.3 Approches conceptuelles de l'ordre visuel.

Comme dernier espace d'exploitation de l'art en image de synthèse, nous avons les recherches sur ce que l'ordinateur permet de rendre visible. Ce sont des images très marginales par rapport à tout ce que nous venons de voir. Elles semblent plus proches des arts, et plus précisément de l'abstraction. Dans ce domaine de recherche assez conceptuel, nous n'avons pas, hélas, au niveau des diffusions publiques, c'est-à-dire compte-rendus des festivals à la télévision, d'exemples significatifs et représentatifs. Peut-être trop abstrait et trop loin de l'image lissée et hyperréaliste que l'on se fait de l'image de synthèse, ce domaine de la recherche se trouve marginalisé. D'autre part, la nature de ses supports d'expression rend une exploitation audio-visuelle difficile, voire contraire au concept développé.

La réflexion sur la perception, ses limites, les possibilités que développe l'outil informatique est à la base de cette approche: rendre visible l'invisible. Mais de quel invisible s'agit-il?

La recherche de Joan Truckenbrod est orientée sur l'extraction d'une lentille conceptuelle, permettant de visualiser des couches invisibles d'informations rendues par l'ordinateur sur l'image. Notre vision a ses limites. La définition "visuelle" d'une image générée par ordinateur peut être multiple; elle peut se découper en trames, en champs de pixels juxtaposés les uns aux autres; elle peut également être infiniment supérieure dans sa définition à la définition "perceptive" de l'œil. Toutes ces couches de l'image, couches superposées, imbriquées, conjuguées, sont autant de composantes de l'invisible qui constitue le visible. Saisissant la marge composée de rythmes, de trames, de formes et de proportions de

cette image invisible, support impalpable de l'image visible, Joan Truckenbrod nous propose des tapisseries conçues sur ordinateur. Lignes, rythmes, espaces et variations abstraites, sont les éléments de cette réalisation où les variations imperceptibles des lignes et des rythmes créent une perturbation visuelle que l'on retrouve dans l'art cinétique [fig.38]. Des lignes fixes et ondulantes que la vue ne parvient pas à stabiliser, qui créent dans leur dynamique un mouvement autonome. Trouble structurel de la vision, généré par l'intervention de l'artiste dans le prélèvement accidentel d'informations sur l'image. "Mon ordinateur graphique m'aide à voir des phénomènes naturels invisibles à l'œil nu. Ces images, au moyen de l'électronique, sont tramées en champs de couleur fugitifs. L'image finale est une tapisserie qui ondule au gré de notre environnement. Son esthétique reflète celle du monde de la nature que traduit la sensibilité de l'artiste"⁸³.

Peut-on parler de visualisation de phénomène naturel? D'esthétique, reflet du monde de la nature traduit par l'artiste? La référence à la nature me gêne un peu. Il s'agit avant tout de calculateurs, de composants électroniques, d'abstractions. Quelle référence à la nature peut-on trouver, si ce n'est le choix de l'artiste par goût esthétique ou par affinité conceptuelle entre un résultat extrait à un instant précis, à une couche précise de l'information sur l'image. La perturbation de la vision est certes aussi un élément de la nature. Mais peut-on parler de phénomène naturel en s'exprimant sur une étape de génération électronique d'une image? Que les images extraites soient "uniques et étranges", comme nous dit l'artiste, nous ne pouvons en douter; mais de là à tisser des liens entre ces images et la nature... Ceci viendrait à poser la question sur la raison "naturelle" de la structure de la logique humaine, et d'assimiler tout développement et tout phénomène à des schémas logiques conceptualisés par la raison. Je ne m'engagerai pas sur ce terrain glissant de la philosophie traitant de l'essence de la nature; il me paraît cependant nécessaire de soulever la question. Il ne me semble pas que la nature soit

⁸³ Citation de Joan Truckenbrod, extraite du *Catalogue Electra*, p. 416.

composée d'aiguillages et d'arbres de calculs générant chacun de ces éléments. Nous ne connaissons la nature qu'à travers nos cinq sens. Pourquoi cinq? Pourquoi pas six, douze, vingt? N'y a-t-il pas des composantes de la nature qui nous échappent? Ne serait-ce pas par leur inaccessibilité sensorielle?



Figure 38
Computer tapestry, par Joan Truckenbrod,
1983, Exposition Electra.

Certes, c'est bien dans cette frange de l'inaccessibilité sensorielle que s'exprime l'art de Joan Truckenbrod, et c'est également la réalisation de l'impossible qui génère des productions aussi déconcertantes que celles de Jeremy Gardiner ou Vera Molnar. L'exploitation bascule chez ces deux artistes dans le registre pictural.

L'apparition de la photographie au XIX^e siècle a repositionné les questions sur le sens de la vue, et sur la nature et les fonctions de l'image. La photographie a cru pendant un temps que pour être reconnue en tant qu'Art, elle devait s'exprimer, comme la peinture, à travers des compositions grotesques de scènes référées à l'histoire antique; puis elle a puisé dans la

particularité “supra-sensitive” de l’instantané, l’essence de son art. Certains artistes iraient pêcher semble-t-il la particularité de l’image de synthèse dans ses connecteurs et ses structures génératrices; dans son système de vision qui va au-delà de la vision.

Vera Molnar s’est penchée sur la possibilité d’un aléatoire mécanique qui générerait de façon à la fois plus systématique dans sa genèse et moins systématique dans sa gestuelle (que ne le ferait le peintre traditionnel) des agencements d’éléments graphiques. Elle visualise un rythme et un ordre de formes dans un “désordre ordonné” [fig.39]. L’ordinateur systématise le concept. Jeremy Gardiner, de son côté, réalise des toiles qui s’appuient sur des croquis et des études réalisées sur ordinateur. L’image informatique sert alors de support conceptuel à la peinture. L’ordinateur dévoile une autre façon de voir le monde, que l’artiste va transposer à son tour de façon traditionnelle sur une toile à travers le médium de la peinture à l’huile.

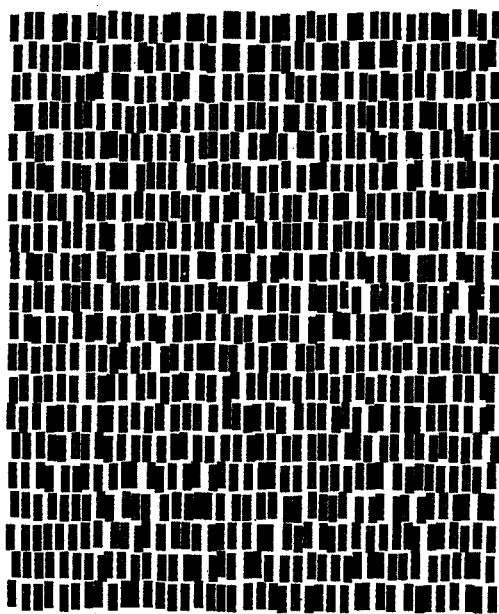


Figure 39
800 rectangles, par Vera Molnar, 1981,
Exposition Electra 1983.

Ces approches que j’ai qualifiées de conceptuelles de l’ordre visuel, semblent être à l’image de synthèse ce que les photographies d’Oscar G. Rejlander ont été à la photographie.

Il faut noter que parmi les artistes cités, deux sont des pionniers de l'art sur ordinateur: Vera Molnar et Joan Truckenbrod. Les questionnements sur le concept et la nature de ces nouvelles images ne semblent pas innocents au regard du développement de l'art sur ordinateur. L'image de synthèse est un concept, un acte mathématique. Sa nature raisonnée exempte de tout référent dans le réel doit s'exprimer dans son art. C'est pourquoi ces artistes ne proposent pas des images abouties, mais des morceaux d'image, des images étapes; comme si l'image surréaliste que nous proposent les films de synthèse, façade d'une monumentale usine-à-calculs, n'était que le miroir d'illusions retrouvées. Est-ce que l'image de synthèse s'exprime en tant que telle dans les images "réalistes" ou dans les morceaux choisis et travaillés de façon traditionnelle?

Autres possibilités, autres médiums, autres concepts, autres expressions, n'est-ce pas le singulier de ces pluriels qui constitue dans son ensemble la nature même de l'image de synthèse?

4.2.4 Exclusions et oublis.

Avant de conclure cette partie qui expose brièvement trois courants généraux de l'expression artistique en synthèse d'image, il me semble important de signaler les oublis et les exclusions, qui, pour certains sont volontaires, pour d'autres dûs à mon ignorance.

Parmi les oublis volontaires, j'ai exclu de ce chapitre tout ce qui fait allusion à la sculpture vidéo, comme le travail de Nam June Paik, qui compose des robots vidéo en installant dans l'espace plusieurs écrans vidéos, fenêtres multiples sur des images cathodiques.

Je n'ai voulu me limiter qu'à l'image en deux dimensions, dans tous les développements qu'elle peut supposer, avec tous les médiums qu'elle peut suggérer. Cette limitation est essentiellement dictée par la nature de la thèse que je souhaite développer. Peut-être que les exposés ont semblé long, et que l'on voit difficilement dans ce cheminement tortueux oscillant entre les arts et les sciences quel est le but et quels en sont les objectifs. Il me paraît nécessaire de les redéfinir ici.

Le travail que j'ai effectué, consiste à introduire dans la synthèse d'image différents systèmes de représentation, dont le "réalisme" de chacun est aussi légitime que le "réalisme" photographique. Ce travail se situe à deux niveaux de l'histoire. Il nécessite une recherche dans l'histoire de l'Art afin de déterminer de façon esthétique et philosophique la nature des différents "réalismes" qui se sont succédés dans l'évolution des Arts, mais également un positionnement dans la dynamique culturelle des nouvelles technologies. Ce sont deux raisons qui m'ont poussée à développer largement ces deux chapitres référés à l'histoire; histoire des arts, histoire des technologies.

Lors de la seconde partie, différents modèles de représentation ont été présentés et analysés dans la recherche de la définition du "réalisme". Certains modèles se référant à un idéalisme religieux ne peuvent être retenus comme réalistes. D'autres, issus de réflexions sur le sens de la vision et sur l'interprétation et la perception relèvent de la question du réalisme, par la référence sensorielle directe qu'ils ont avec la réalité.

La troisième partie a permis de dresser un état des lieux de l'image de synthèse, dans son utilisation exclusive du modèle brunelleschien.

Cette partie va donc proposer des options d'intégration des différents modèles retenus dans la seconde partie. Cependant, avant de parler de nouveaux modèles, il m'a semblé important de faire dans un premier temps un rapide tour d'horizon des modèles existant déjà

sur les modeleurs. Leur nécessité scientifique est la raison essentielle de leur présence. Puis, dans un second exposé, l'interprétation des modèles choisis va être expliquée, en fonction des options et des concepts retenus. Il sera alors nécessaire de présenter le modeleur sur lequel ont été intégrées ces projections, et les différentes méthodes utilisées dans l'optique de la réalisation de nouvelles projections.

5.1

SYSTEMES DE PROJECTION EXISTANTS.

Avant d'aborder les nouveaux systèmes de projection mis en œuvre, il me semble important de recenser les systèmes déjà existants. Ceux-ci sont référés à des utilisations précises; certains sont dédiés à l'architecture, d'autres à la géographie. Il serait impossible de donner un aperçu exhaustif de ces systèmes de projection. Trois me paraissent cependant prépondérant par leur utilisation. Ces trois systèmes sont: la projection axonométrique, liée à l'architecture, la projection de Mercator, dédiée à la cartographie, et enfin la projection conique régnant en maître absolu sur tous les modelleurs en trois dimensions.

5.1.1 La projection axonométrique.

Du plus loin que l'on puisse remonter, c'est dans l'Art chinois et l'Art oriental, d'inspiration bouddhiste, que l'on rencontre une vision proche de la projection axonométrique. Certes, au niveau de l'Art chinois, il ne s'agit pas de la construction mesurée et raisonnée des architectes du XVI^e siècle, mais plutôt d'une certaine interprétation du monde. L'idée d'infini est à la base de ce système de représentation. Jamais le regard ne se heurte à une ligne d'horizon ou se réduit à un point de fuite. C'est une vision de l'infini, où chaque représentation de l'espace ne peut être qu'un fragment qui s'intègre dans un univers toujours extensible. La construction spatiale a ici une fonction calligraphique; elle permet la

distribution, l'ordonnancement des lieux; tout en découpant les espaces, elle les relie les uns aux autres. Dans l'exemple de Zhang Zeduan [fig.40], rouleau sur soie du XI^e siècle, nous pouvons remarquer que les lignes de fuite des toits sont parallèles. Les fragments de toits et de maisons qui bordent le tableau suggèrent l'extension toujours possible de l'espace. L'espace est ouvert, perçu comme à vol d'oiseau. Représentation ancienne de la cité, elle est parcelle de vie, un exemple parmi tant d'autres. C'est un espace non fini, non clos.



Figure 40

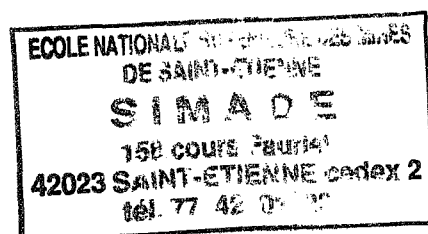
Qingming shanghe tu, par Zhang Zeduan,
détail d'un rouleau sur soie, XI^e siècle,
Musée du palais, Pékin.

Mais la représentation construite de la projection axonométrique a fait réellement son apparition au XVI^e siècle, lors de l'éclosion de l'architecture classique. Afin de mieux percevoir et de mieux rendre la symétrie, vecteur essentiel de ce style d'architecture, il était nécessaire de trouver un système qui n'ait pas recours à la diminution des grandeurs comme la perspective à point de fuite. L'idée fut de rejeter l'observateur à l'infini, supprimant par là toute convergence des lignes de fuite. Il ne s'agit plus d'une vision ponctuelle de l'espace, mais d'une vision d'ensemble; une vue à vol d'oiseau. La première nécessité de ce mode de

représentation aura été la mise au point d'une image qui conserve la mesure des choses. Une image à lecture rapide, exempte de toute correction. A la frontière entre la représentation et le schéma. Ceci ne lui empêchant pas toutefois de conserver ces qualités que l'on retrouve dans l'Art chinois, à savoir cette notion de fragment prélevé sur un ensemble.

La valeur schématique de la projection axonométrique a d'ailleurs trouvé des retombées et des utilisations dans tous les domaines qui nécessitent la rigueur de la mesure, de la précision immédiate. Pour ne nommer que le milieu militaire, qui s'est emparé de ce mode de représentation au XVII^e siècle; le système de projection a d'ailleurs hérité du nom de "perspective militaire". Utilisée pour l'art de la guerre, ce système de projection fut abandonné par les architectes pour revenir peu à peu au domaine des Arts graphiques au cours du XVIII^e siècle. Il est fortement utilisé dans les planches de l'encyclopédie d'Alembert et de Diderot. Il s'avère en effet comme moyen de représentation le plus efficace pour décrire de façon précise un objet dans toutes ses dimensions. De "perspective militaire", ce que certains nomment aujourd'hui "perspective parallèle", elle est devenue "perspective cavalière".

L'utilisation et la présence dans un domaine comme l'image de synthèse coule donc de source. Art de la mesure à visée scientifique née dans le berceau des recherches militaires, vouée à une représentation mathématique des choses, la projection axonométrique trouve tout naturellement sa place dans les systèmes de projection de la synthèse en trois dimensions. Les lignes de fuite qui partent à l'infini sont perpendiculaires au plan de projection. Par conséquent, la formulation mathématique, la mise en équation d'une matrice de projection de ce type ne pose guère de problèmes.



Il est à noter qu'il ne s'agit pas ici d'interprétation visuelle, ni d'une certaine façon de concevoir ou de percevoir le monde (quoiqu'ici la marge semble minime), mais d'un système de représentation à visée informative permettant de donner, et une information visuelle de l'ensemble, et une information métrique de la construction.

5.1.2 Projections utilisées pour les représentations géographiques.

Les objectifs et les visées de ces projections sont essentiellement didactiques. Au XVI^e siècle, la navigation avait besoin de cartes lisibles et fiables pour tracer les routes maritimes. Or, la terre étant ronde, et la carte étant une surface plane en deux dimensions, il s'est posé le problème de la transposition d'un volume sur une surface. Plusieurs modèles sont apparus. L'un des plus connus étant la projection de Mercator.

Construite en 1569 par Mercator, elle ne fut réellement formulée mathématiquement qu'en 1645 par H. Bond, et développée à la fin du siècle par Gauss. Le système de projection est le suivant. Soit une sphère censée représenter la terre, que l'on roule dans une feuille. Nous obtenons un cylindre drapant la sphère. La zone d'intersection entre le cylindre et la sphère sera l'équateur. Les points de la sphère sont ensuite projetés sur le rouleau. Tout de suite apparaît une des particularités de ce modèle de projection [fig.41]. En effet, si l'on prend la surface de la terre, les méridiens ne sont pas des lignes parallèles. Ils convergent tous aux pôles. Par conséquent, la distance entre deux méridiens en Sibérie est bien inférieure à la distance entre ces deux mêmes méridiens à l'Equateur. Or, dans la représentation de Mercator, les méridiens sont constitués de lignes parallèles. Le canevas de projection est une grille régulière aux axes rectilignes et perpendiculaires les uns aux autres. Il y a donc une déformation qui devient de plus en plus importante lorsqu'on se rapproche des pôles. Quant

aux pôles eux mêmes, les points qu'ils constituent sont étirés sur une ligne qui parcourt la carte d'un bord à l'autre. C'est une des raisons pour lesquelles ils sont rarement représentés.

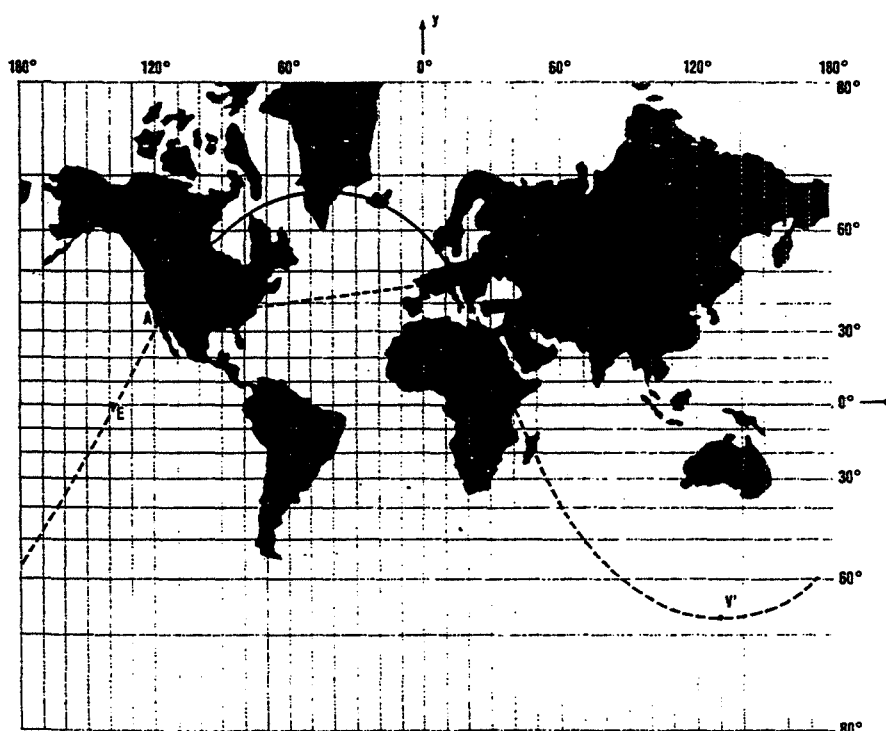


Figure 41
Planisphere de Mercator.

Ce système de projection est avant tout un système d'écriture ayant ses codes propres. Lié à la réalisation de cartes de navigation (aquatiques ou aéronautiques) il répond avant tout à une utilisation fonctionnelle et une nécessité technique, loin de toute recherche artistique ou esthétique. La formulation mathématique qui en a été faite permet également une intégration aisée sur les modeleurs pour la transposition de sphères en plans.

En dehors du canevas cylindrique de la projection de Mercator, nous pouvons indiquer deux autres espèces de projection assez fréquentes; la représentation conique et la projection gnomonique. Ainsi que le montre le canevas d'une représentation conique de l'hémisphère Nord [fig.42], nous pouvons observer qu'il y a conservation du resserrement des méridiens aux pôles. Cependant, ce type de représentation ne peut concerner qu'une hémisphère.

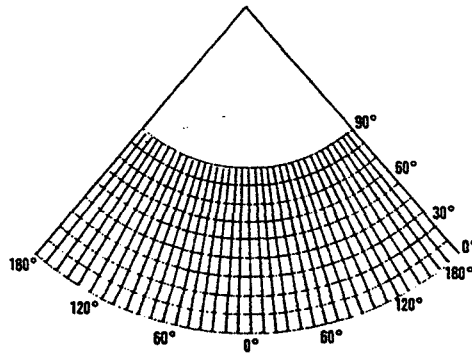


Figure 42
Canevas d'une représentation conique.

Dans le cas de la projection gnomonique, les 180° des méridiens et des parallèles semblent difficilement conciliables [fig.43]. Le quadrillage terrestre que sont censés exercer de façon régulière ces repères sont déformés par la nature même de la projection. Néanmoins, à chaque type de projection sont associés une nécessité technique et une lecture spécifique.

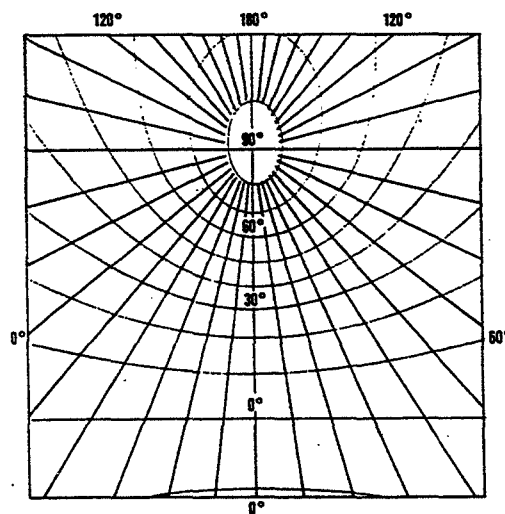


Figure 43
Canevas d'une projection gnomonique oblique:
perspective de la sphère terrestre à partir de son centre
sur un plan tangent.

Sur ces modèles de projection, nous pouvons noter que toute notion de regard est évincée. Il s'agit uniquement d'une transposition du volume au plan. L'œil n'existe pas. Les points sont projetés, selon différentes formules mathématiques, d'une sphère vers une surface.

5.1.3 Projection conique.

Ce que l'on nomme de façon générique en synthèse d'image la projection conique est en fait la projection brunelleschienne. Elle est définie par un centre de projection O , une direction de visée, et un écran, plan orthogonal à la direction de visée, à une distance d de O . Le point O centre de projection peut être assimilé à l'œil de Brunelleschi. Ces trois éléments, centre de projection, direction de visée, écran, définissent le système de coordonnées de l'œil, dont l'origine est O , et dont l'axe des z est parallèle à la direction de visée [sch.12]. Par conséquent, l'écran est parallèle au plan xy . De façon générale, l'axe des x parallèle à une direction de l'écran, permet de définir la longueur de celui-ci.

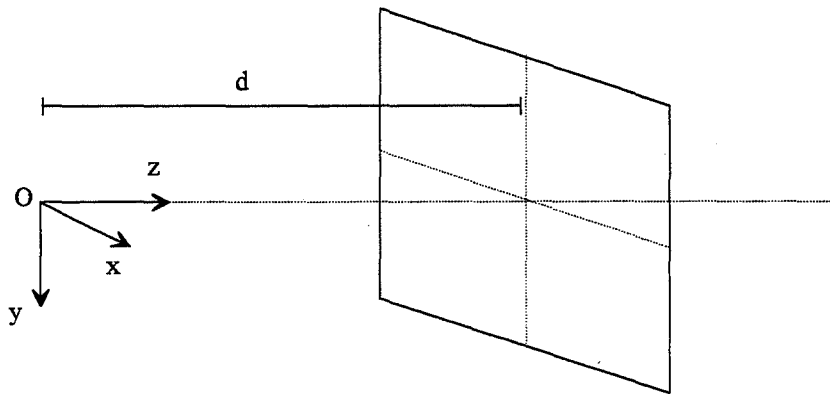


Schéma 12

Repère de la projection conique.

Le système de projection conique a un fonctionnement mathématique inversé, en rapport à la construction graphique d'une perspective brunelleschienne. En effet, lorsqu'en dessin il s'agit de tracer une cité en perspective, le dessinateur commence par définir une ligne d'horizon et un point de fuite. En projection conique, ces termes sont inexistants; nous parlons

d'origine, de direction de visée et d'écran. Par conséquent, le passage entre les deux mondes (celui du dessin et celui de la projection) a nécessité une recherche de la définition mathématique du point de fuite du dessinateur. Par la recherche de cette définition, nous allons pouvoir établir un premier pont entre le domaine de la représentation picturale et l'univers des calculateurs graphiques.

Nous nous plaçons ici dans un système de coordonnées référées à l'œil; l'écran est à une distance d de l'œil et parallèle au plan $0xy$. La matrice de projection de la perspective conique est la suivante:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{d} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{84}$$

Soit une direction V de coordonnées $(a,b,c,0)$. Toutes les droites ayant cette direction vont converger en un point, qui sera le point de fuite des lignes ayant la direction V . On prend un point M_0 de coordonnées $(x_0, y_0, z_0, 1)$. Soit une ligne passant par M_0 et de direction V ; l'ensemble des points définissant cette ligne auront pour coordonnées:

$$(x_0 + \lambda a, y_0 + \lambda b, z_0 + \lambda c, 1)$$

En utilisant la matrice de projection de la perspective conique, le point M se projette à l'écran sur le point P ayant pour coordonnées:

$$\left(d \frac{x_0 + \lambda a}{z_0 + \lambda c}, d \frac{y_0 + \lambda b}{z_0 + \lambda c} \right)$$

⁸⁴ Matrice de projection extraite de J.D.Foley et A. Van Dam, *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Ed. Addison Wesley, 1982.

qui tend vers le point F de coordonnées:

$$\left(a\frac{a}{c}, a\frac{b}{c}\right)$$

quand λ tend vers l'infini. Le point F pourra être assimilé, au niveau terminologique, à l'idée du point de fuite du dessinateur.

5.2 *INTERPRETATION DES MODELES DE PROJECTION DES PEINTURES.*

Différentes approches ont permis la réalisation de plusieurs projections toutes issues de deux systèmes de projection qui ont retenu mon attention. Dans un premier temps, je vais tenter d'expliquer pourquoi mon choix s'est porté sur ces modèles, puis dans un second temps, les différents types d'interprétation seront exposés. Certains sont issus d'analyses empiriques bâties sur des erreurs d'interprétation. Néanmoins, la nature des résultats étant esthétiquement parlant intéressante, il m'a semblé nécessaire d'exposer ces différents points de vue.

5.2.1 Le choix des modèles: la question du réalisme.

Dans la deuxième partie, un recensement et une analyse des différents modèles de l'histoire de l'Art ont été brossés. Parmi l'exposé de ces différents styles de représentation, nous avons pu distinguer deux façons d'aborder le problème de la représentation.

Une première façon consiste à sublimer l'esprit et à reléguer au second plan le sens de la vue. En d'autres termes, une représentation "réaliste" des choses, guidée par la vue, serait intimement liée à une aspiration démiurgique. Par conséquent, seul l'esprit peut ramener à sa juste valeur la représentation, en la renfermant dans des règles et des contraintes issues de

croyances religieuses. Le rapport divin des nombres et des mesures pour les égyptiens, l'immatérialité des personnages dépourvus de modèles pour les byzantins permettaient d'accéder à cet idéal de représentation. Ces modèles s'inscrivant dans l'esthétique spécifique des images en deux dimensions, ne se rapportent pas à notre recherche qui consiste à l'interprétation des styles de projection présents dans les représentations "volumiques".

Hormis la projection brunelleschienne, nous avons pu dégager dans cette seconde partie, deux façons de percevoir les volumes qui me paraissent intéressantes, et reflètent une certaine façon de voir le monde. Cependant ce choix doit également se fonder sur l'adéquation de ces modèles à l'idée du réalisme. Qu'est-ce que le réalisme? La première définition que l'on pourrait accorder à ce terme est la similitude qu'il peut exister entre la réalité et la représentation de cette réalité. Mais de quelle représentation parle-t-on?

C'est sur ce point, me semble-t-il, que s'articule toute la question du réalisme. Dans le terme de représentation, nous avons l'idée de présentation, et par le préfixe du mot, la notion de transposition de cette présentation dans un autre milieu que son milieu originel. Toute transposition est sujette à une interprétation subjective des phénomènes.

Prenons pour exemple une représentation théâtrale. Dans une pièce de théâtre, que ce soit chez Ionesco ou chez Molière, nous avons une transposition des relations et des sentiments humains dans un lieu clos, au niveau spatial et temporel. Il va donc y avoir sur la scène, une concentration d'événements et d'émotions. Est-ce que ces événements et ces émotions sont réalistes? Dans la nature des rapports excitation-réponse, certainement. La réponse émotionnelle des personnages aux événements ne peut être que profondément humaine, pour amener chez le spectateur l'émotion nécessaire à son identification aux

personnages. Cependant, dans un contexte normal, ce magma éruptif d'événements ne peut guère se référer à une réalité de tous les jours. Les actions se bousculent, se succèdent, se propulsent les unes les autres à une cadence qui ne peut, me semble-t-il se réclamer de la réalité. Nous avons donc, dans le cas présent la conjugaison d'une réalité émotionnelle et d'une fiction événementielle. Par conséquent, nous pouvons conclure que, dans le cas présent, le réalisme du théâtre s'appuie sur une donnée essentielle mais exclusive de la réalité émotionnelle.

Resituons à présent la question dans le contexte pictural. Qu'est-ce qu'une image réaliste?

Une image réaliste serait une image où le réel ne serait ni idéalisé ni épuré, où le réel apparaîtrait avec toutes ses imperfections, toutes ses aspérités. Se pose la question du réel. Dans quel réel se situe l'image?

Deux idées essentielles du réel peuvent alors se présenter. L'une se référant à la perception sensorielle du réel et à son interprétation subjective, l'autre se réclamant de l'analyse du réel par son interprétation scientifique. Il est possible d'objecter à ce point de la distinction que l'interprétation scientifique provient d'une analyse raisonnée et logique de la réalité perçue à travers nos sens. Et, par conséquent, que la réalité scientifique est fille de la réalité sensorielle. Pour appuyer cet argument, il n'y a qu'à reprendre les travaux effectués en synthèse d'image par les simulateurs. L'analyse scientifique de phénomènes physiques et optiques, codée dans les langages informatiques, se trouve confirmée, lorsque les calculs complexes permettent d'obtenir un résultat représentatif à l'écran d'une image virtuelle semblable en tous points à un modèle photographique prélevé dans la nature. Dans la

photographie, la subjectivité interprétative étant absente, nous sommes bien en présence de la comparaison de deux phénomènes physiques, l'un issu de la nature, l'autre issu des calculateurs. Par conséquent, à ce point du développement, il semblerait que la remise en question du réalisme de la synthèse d'image référé au réalisme photographique ne se pose pas, puisqu'après tout, l'image photographique, excluant toute interprétation humaine représentative, est une image réaliste.

Néanmoins, il me paraît important de revenir à la question du réel auquel on se réfère. La perception de la réalité me paraît être quelque chose d'essentiellement subjective. Que ce soit l'appréhension du temps, l'appréciation des lumières, la perception des formes, chaque individu perçoit différemment le contexte matériel dans lequel il vit. L'idée du réel de chacun est dissemblable. Certes, la science permet d'unifier cette idée, et d'accorder tous les individus sur un même postulat logique. Mais est-ce que la conception scientifique du réel constitue la totalité de la conception subjective du réel, ou n'est-elle d'une partie (importante certes, mais une partie seulement) de cette conception? Et quand bien même, la conception subjective du réel s'appuierait entièrement sur la conception scientifique du réel, est-ce que cette conception scientifique n'aurait pas, elle aussi une valeur toute relative, par rapport au réel, dans la limitation de ses connaissances et une logique totalitaire dont elle se réclame qui pourrait se révéler fausse à l'avenir?

Prenons pour exemple l'Antiquité grecque. Nous avons vu, dans le développement historique que nous avons dressé, que l'espace était conçu comme non homogène. L'évolution des techniques et les expériences ont infirmé ce postulat pour donner aujourd'hui une conception homogène et isotrope de l'espace. Nous pouvons dire par conséquent, que le réel scientifique auquel se référaient les individus de l'antiquité, était radicalement différent du réel

scientifique dont on se réclame aujourd'hui. Et peut-être qu'un jour, la conception scientifique du réel sur laquelle on appuie notre idée du réalisme aujourd'hui, sera remise en cause par une conception radicalement nouvelle de la réalité. Il me semble, que sous ce jour, et d'après ce point de vue, le modèle de la *perspectiva naturalis*, peut tout à fait être considéré comme un modèle réaliste.

Il est pourtant nécessaire de bien circonscrire cette affirmation. Elle ne veut aucunement affirmer le modèle de la *perspectiva naturalis* comme modèle réaliste dans le contexte scientifique actuel. Elle veut seulement transposer historiquement une idée du réalisme et la confronter à notre conception actuelle du réalisme. Nous verrons dans l'application et la tentative d'intégration de ce modèle sur les systèmes fonctionnant avec une logique scientifique toute autre, qu'il est loin d'être évident de réunir deux conceptions radicalement différentes du réel.

Passons maintenant à un autre éclairage de l'idée du réel. Nous avons tout à l'heure posé la question sur la part que pourrait prendre dans la conception subjective du réel la conception scientifique de ce réel. Nous avons vu également que la conception scientifique du réel consistait en une référence universelle, un lien unifiant des conceptions individuelles du réel. Par ailleurs, nous avons défini l'image réaliste comme une image excluant toute idéalisation et toute épuration. Parler à ce niveau là de réalisme pour le Cubisme est obligatoirement provocateur! Regardons cependant de plus près la question.

Tout être humain est en principe pourvu de deux bras, deux jambes, un corps, une tête, articulés les uns par rapport aux autres et de cinq sens. La mobilité et l'autonomie corporelle permet à l'individu de se déplacer, et de connaître son environnement matériel à travers ses

sens. Lorsque l'individu est éveillé, il est en perpétuel mouvement et en perpétuelle exploration de cet environnement. Tout ce qu'il va percevoir, sentir, entendre, va venir informer son cerveau, qui va interpréter et gérer ces informations. Par conséquent, l'individu vit dans un univers exclusivement expérimental, un monde emprisonné dans la dynamique temporelle de la mobilité et de réponses données à des excitations extérieures. Il ne peut donc être assimilé à un œil posé sur un piédestal contemplant de façon fixe et unidirectionnelle le monde.

On peut d'ailleurs se poser ici la question du réel auquel on se réfère en pareil cas. Certes, les phénomènes physiques, chimiques, optiques recensés sont autant de portions de notre expérimentation sensorielle du réel. Mais la dimension temporelle de cette isomorphie scientifico-sensorielle, est une donnée importante, car elle induit les comportements et peut parfois modifier la perception sensorielle pour ne plus la mettre en adéquation avec la conception scientifique. Il suffit de fixer pendant quelques secondes le soleil ou un phare de 500 ou 1000 watts. Puis de porter son regard ailleurs. Pendant un instant, vous êtes complètement aveuglé. Pourtant, votre œil reçoit pareillement la lumière ambiante, et a donc une fonctionnalité isomorphe au concept scientifique, cependant, la perception sensorielle est à l'opposé du phénomène physique logique. Au bout d'un moment, le recouvrement du sens de la vue, permet de retrouver cette adéquation. Le temps de réponse de votre œil, agressé par une trop grande intensité lumineuse, va être une composante essentielle de votre identité perceptive du réel. Pour les uns ce temps sera court, pour les autres beaucoup plus long. Par conséquent, le temps qui permet le changement de direction du regard, mais également le rééquilibrage d'une perception sensorielle, est un élément essentiel de l'appréhension du réel.

Mais à ce niveau de l'analyse centrée sur l'individu, il est possible d'objecter que la mobilité de tout un chacun est un élément singulier lié à chaque personne. Cependant, la

mobilité sensorielle et gestuelle est une donnée essentielle de l'humanité dans son ensemble, par conséquent un aspect unifiant de la conception humaine du réel; tout en sachant que cet élément unifiant est placé sous le signe d'une somme de comportements singuliers. Mais nous avons vu qu'une image réaliste exclut toute idéalisation et toute épuration. Est-ce que, dans la génération d'une image issue d'un concept de point de vue unique et fixe on n'effectue pas quelque part une épuration de la perception du réel et une idéalisation figée de ce réel?

Parlant d'épuration et d'idéalisation de la représentation du réel, il me paraît important de revenir ici sur la nature du support. Un tableau est, de façon générale, un plan immobile aux dimensions finies dans sa largeur et sa hauteur. Par conséquent, il y a cohérence entre la fixité matérielle du support et la fixité conceptuelle du regard et de l'optique. Dès cet instant, l'idée d'épuration de la perception du réel et d'idéalisation figée du réel peut être exclue puisqu'elle s'applique à une représentation immobile en deux dimensions. Le tableau n'est pas, matériellement parlant, un espace emprunt d'une dimension spatio-temporelle. Et pourtant...

Prenons deux exemples très éloignés conceptuellement et historiquement parlant. Soit d'un côté, *les Ambassadeurs* de Holbein [voir fig.30] et de l'autre un tableau de Pierre Soulages. Devant chacun de ces tableaux, pour en saisir le sens et l'essence, il paraît incongru de se planter devant, de fermer un œil, et de regarder en fixant son regard sur un point du tableau. Non, même si vous ne bougez pas votre corps, votre regard va balayer la surface peinte, scruter, guêter les détails des objets chez Holbein et les effets des reflets des stries picturales chez Soulages. Mais, il va immédiatement y avoir un besoin de mobilité qui va s'emparer du spectateur. La fixité de la position couplée à l'observation et au parcours visuel du regard va peu à peu se sentir amputé d'une partie de l'œuvre, soit par l'incompréhension d'une zone du tableau chez Holbein, soit par l'attirance d'un autre visage qu'un nouvel

éclairage sur un tableau de Soulages peut dévoiler. Le spectateur va peu à peu déambuler devant le tableau pour le saisir dans tout son message; il va voir s'animer cette image fixe jusqu'alors, dans l'apparition de visages successifs. Il va découvrir ainsi qu'un seul tableau, selon le regard qu'on lui porte, est la synthèse de plusieurs images qui se dévoilent selon l'angle de vue, et la projection personnelle que l'on affecte à ce regard.

Il me paraît donc faux dans un sens de réduire le tableau à une image figée, emprisonnée dans cette surface immobile. Un tableau doit être à la source d'un corps à corps entre lui et le spectateur, entre lui et l'espace dans lequel il s'inscrit. C'est dans sa capacité à pulvériser les frontières spatiales dans lesquelles il est enfermé, qu'il acquiert peu à peu une vie propre et autonome. Et dans le cadre de cette vie propre et autonome à laquelle peut et doit accéder l'image, le modèle brunelleschien paraît réducteur et donc épure de sa capacité spatio-temporelle, dans le rapport avec le spectateur, le tableau. Il est possible d'objecter ici, que par l'idée de fenêtre ouverte sur le monde, le modèle brunelleschien est effectivement un modèle ouvert qui pulvérise les frontières spatiales du tableau en laissant supposer un ailleurs qui se déroule au-delà de ses frontières. Mais le modèle brunelleschien, pour répondre parfaitement à ses prétentions, doit être observé de façon fixe et en un seul point de vue. Par conséquent, l'image ne se livre qu'une fois et entièrement; elle est dépourvue de toute la coquetterie que d'autres modèles présentent par le jeu des points de vue multiples.

Ceci est l'une des remises en cause du réalisme photographique que met en œuvre le Cubisme. Certes, il peut dans la réalisation plastique être taxé d'idéalisation du réel, puisque les objets sont "cubés", épurés dans leurs formes et leurs couleurs. Mais n'est-ce pas aussi par soucis de lisibilité d'une image déambulatoire? Le Cubisme est le seul modèle qui intègre la totalité des données spatio-temporelles de la perception du réel (tout en sachant bien que cette

intégration est intimement singulière). Néanmoins, il s'agit d'un concept qui me paraît se réclamer autant du réalisme que le modèle brunelleschien. Certes, il se situe sur le versant opposé du réalisme. Le Cubisme effectue une épuration et une idéalisation des volumes, tout en reprenant pleinement l'appréhension spatio-temporelle du réel, alors que le modèle brunelleschien, isomorphe à l'œil, par conséquent réaliste dans ses données optiques, est fondé sur une épuration et une idéalisation de la perception du réel.

Voici donc la raison pour laquelle, il m'a semblé intéressant et curieux de confronter ce modèle "omni-visuel" au modèle "réaliste" de la synthèse d'image. Le développement du concept cubiste dans les ordinateurs offre quant à lui un plus grand degré de liberté puisque fondé sur l'idée essentielle de la réunion sur une image de points de vue multiples.

Ces deux modèles qui tiennent une part importante de l'histoire de l'Art, me semblent pouvoir remettre en question l'idée de "réalisme" si souvent développée et exposée en synthèse d'image.

5.2.2 Analyse des modèles.

Le premier modèle que j'ai retenu est le précurseur de la *perspectiva artificialis*, soit la *perspectiva naturalis*. Ce système de projection a été mis au point au cours de l'Art hellénistique et développé dans l'Art romain. On le rencontre plus tard, comme précurseur de la Renaissance italienne, dans les différentes peintures gothiques peintes à la *maniera greca*. Il persistera quelques temps au cours du XV^e siècle voire du XVI^e siècle, jusqu'à ce que la *perspectiva artificialis* s'impose comme seul modèle "réaliste". Cette construction de l'espace mise en œuvre au cours des III^e et II^e siècle avant J.-C. a pour particularité, par rapport à la

projection brunelleschienne, d'aligner les points de fuite des droites perpendiculaires au plan de projection. Dans une perspective "classique", toutes les droites perpendiculaires au plan de projection se rejoignent en un seul point, le point de fuite, que nous avons identifié dans le chapitre précédent. Ici, nous n'avons plus un faisceau de droites qui convergent en un point, mais *des* points de fuite qui s'alignent selon la médiane verticale de l'image. Ces points de fuite sont le résultat du croisement à l'infini de deux lignes équidistantes par rapport à l'axe central de l'image et perpendiculaires au plan de projection.

Ce système de projection avec les points de fuite alignés constitue ce que l'on nomme de façon plus courante, une perspective en "arête de poisson".

La reconnaissance et l'identification de ce type de modèle a posé de gros problèmes puisque selon Aristote, ce système de projection serait issu d'un espace considéré comme anisotrope⁸⁵. Dans le cas présent de la représentation en trois dimensions des volumes, nous sommes dans un espace cartésien et isotrope. Par ailleurs, le propos n'est pas dans la recherche d'un rapport scientifique avec le modèle, mais d'un concept directeur du modèle qui sera ensuite interprété selon diverses variations, en fonction des différentes approches. Ce que nous pouvons retenir de la perspective à axe de fuite ce sont:

- l'apparition d'une structure de construction au sein de l'image symbolisant "l'arête de poisson";
- un alignement de ce qui pourrait constituer les points de fuite;
- un espace qui semble se rabattre vers l'écran (ou l'image).

⁸⁵ Voir chapitre 3.2.4. *L'idée de fenêtre*, p. 112.

L'analyse et la présence de ces éléments est très importante dans la construction des espaces, pour donner l'illusion de volume et de profondeur. Que ce soit dans la décoration murale du quatrième style de Boscoreale [voir fig.24 p.117] ou dans cet extrait du Maître-Autel de la Collégiale Saint-Martin de Colmar réalisée par Gaspard Isenmann [fig. 44], nous pouvons distinguer soit des poutres, soit des carrelages qui rythment et mesurent l'espace. C'est donc à partir de ces éléments de mesure que nous allons réaliser notre approche.

Nous avons pu constater également au cours des chapitres précédents, qu'il y a des ruptures fondamentales qui ont permis une approche nouvelle de l'espace. Ces ruptures, essentiellement novatrices dans leurs concepts de la représentation du volume, peuvent être recensées au nombre de trois. Nous avons la *perspectiva naturalis*, issue de l'Art grec, puis la *perspectiva artificialis*, choc des rencontres picturales et scientifiques du XV^e siècle, et enfin le Cubisme, issu d'une conception non plus physique, ni scientifique du monde, mais d'une analyse humaniste de la perception.



Figure 44

Le Maître-Autel de la Collégiale de Saint-Martin de Colmar, par Gaspard Isenmann, 1462-1465, Musée d'Unterlinden, Colmar.

Ce dernier modèle, le Cubisme, m'a semblé important par la nouvelle conception de l'espace et la nouvelle approche des volumes qu'il propose. Il me paraît important de rappeler ici les concepts de base du Cubisme⁸⁶. L'idée de départ vient de la façon dont l'homme perçoit les choses. Il regarde les objets, les espaces avec deux yeux mobiles. Par ailleurs, pour saisir le volume d'un objet, le corps se déplace autour de cet objet (si celui-ci est inerte), ou l'objet tourne sur lui-même. L'analyse et la synthèse de ces différents points de vue permet une approche globale du volume qu'effectuera le cerveau. C'est cette synthèse que va renvoyer l'image cubiste. Il ne faut pas oublier un autre point important qui a été énoncé lors de la genèse de ce concept, par Braque, qui était l'idée de systématisation et de formulation mathématique de ce modèle. A une certaine époque de ce mouvement, les peintres ne signaient plus leurs toiles pour imposer le Cubisme, non pas comme le style de tel ou tel peintre, mais comme un système indépendant des personnalités, au même titre que la *perspectiva artificialis* s'est affranchie de Brunelleschi et d'Alberti. Par conséquent l'idée et le concept de base que j'ai voulu retenir de ce modèle est:

- synthèse sur une même image de points de vue multiples.

L'exploration de ces deux modèles, la *perspectiva naturalis* et le Cubisme, dans leurs concepts, va donner lieu à plusieurs interprétations qui ont été retenues avant tout pour leur analogie avec le concept initial et l'esthétique, parfois curieuse, de leurs rendus.

5.2.3 La *perspectiva naturalis*: approche par modélisation.

Avant d'aborder les problèmes posés par ces différents modèles de représentation, dans leur nature mathématique au niveau de la projection en trois dimensions, la première

⁸⁶ Voir chapitre 3.2.9. *L'espace déplié: des lieux et du Cubisme*, p. 137.

rencontre s'est faite par la modélisation de scènes "à la manière de "⁸⁷. Comme nous avons pu le constater, les repères de représentation et de répartition spatiale sont composés par des poutres au plafond et des carrelages réguliers au sol. Dans un premier temps, j'ai tenté de reproduire par déformation des volumes, suivant une progression arithmétique des dimensions en fonction de l'éloignement par rapport au point de vue, une scène du XV^e siècle [fig.44] usitant la *perspectiva naturalis* dans toutes ses imperfections spatiales et représentationnelles.

Nous pouvons remarquer que les carreaux constituant le damier du carrelage gardent une dimension semblable selon l'axe x de l'image [voir sch.12 p.203]. Dans une projection conique, qui est l'environnement mathématique de cette première approche, ceci suppose que plus les carreaux s'éloignent de l'œil, plus leur dimension devient importante dans leur longueur. Par conséquent, le damier sera généré par des carreaux ayant une progression arithmétique dans l'une de leurs affinités, soit la longueur. La première réalisation de ce modèle fait apparaître un phénomène curieux au niveau de la liaison des diagonales des différents éléments du damier. En effet, lorsque les carreaux sont réguliers, et dans le cas d'une projection conique, cette diagonale qui apparaît de façon spontanée est une ligne droite, or ici, nous voyons apparaître une courbe, une structure graphique proche des ossatures de bateaux [fig.45].

⁸⁷ Il s'agit ici d'une tentative de transposition de la *perspectiva naturalis* dans une projection conique.

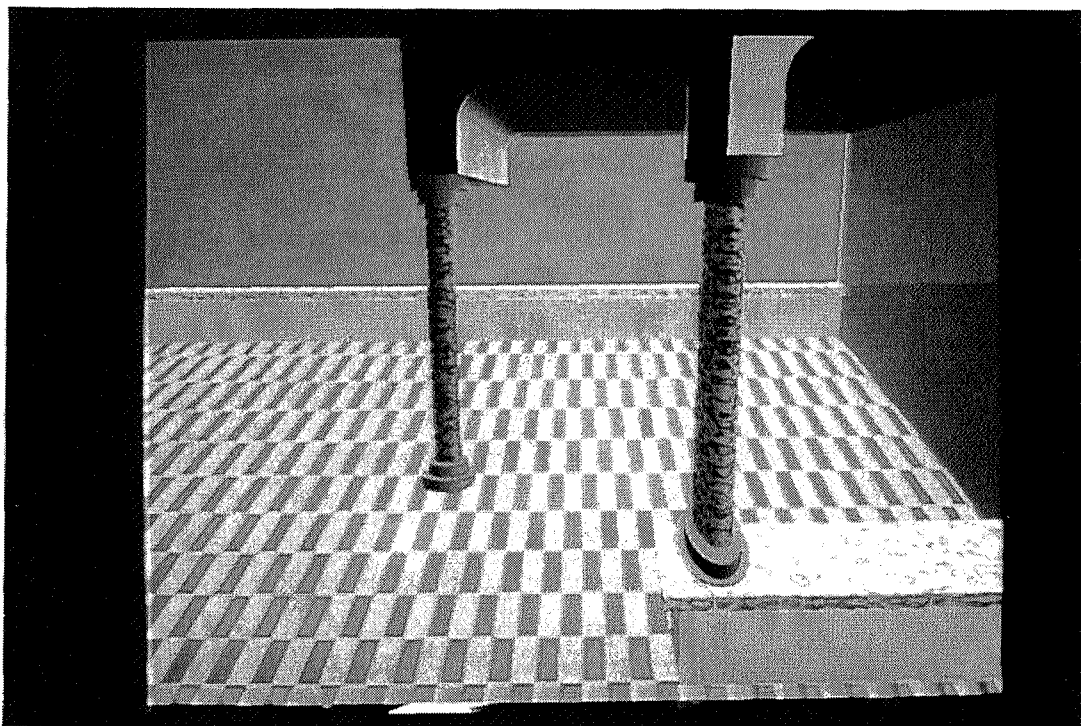


Figure 45

Première scène en perspectiva naturalis.

Par ailleurs, lorsqu'on observe le damier sur le sol, on a la très nette sensation que celui-ci n'est pas perpendiculaire au plan de projection, comme la scène devrait le laisser supposer, mais qu'il se rabat vers l'écran. Par conséquent, une légère rotation du damier selon l'axe des x vers l'écran a permis de retrouver cette impression.

Dans l'image de référence, nous n'avons pas seulement un damier, mais aussi des indices architecturaux comme: un muret, des colonnes, des voûtes. Un travail sur l'affinité et de légères rotations sur les primitives constituant ces éléments ont permis une première exploration purement plastique du problème.

Cependant le jeu sur les angles et les dimensions des objets ne sont que des ruses de modélisation qui ne gardent leur raison d'être qu'en fonction d'un point de vue et d'une visée précis. Dès que l'œil se déplace et explore cet univers déstabilisé dans sa construction, l'équilibre et les dimensions de ses éléments, la supercherie des "déformations" des objets

n'opère plus. Il a donc semblé, à cet instant de la recherche, nécessaire de plonger dans les profondeurs de la réalisation des images, et notamment au niveau de la matrice de projection, qui marque de son empreinte géométrique les mesures relatives de l'espace projeté.

5.2.4 Modeleur, environnement, algorithmes et méthodes d'implémentation des projections.

Avant d'exposer les différentes matrices de projection qui ont été mises en place, il me paraît important de présenter le modeleur et les diverses méthodes et algorithmes utilisés pour la réalisation des images.

Ces nouvelles perspectives ont été implémentées avec les deux algorithmes d'élimination des surfaces cachées les plus classiques: la méthode du z-buffer et le tracé de rayon.

5.2.4.1 Le modeleur CASTOR et l'environnement Illumines.

En amont de ces algorithmes, nous avons le modeleur CASTOR qui constitue le cœur de l'environnement Illumines développé à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne pour la synthèse d'images⁸⁸. Ce modeleur utilise un langage de modélisation décrivant un arbre CSG⁸⁹. Par ailleurs, pour différentes raisons techniques et de matériel (la portabilité, l'efficacité, la disponibilité) à l'époque de la création du modeleur, il n'y a pas de système interactif sur

⁸⁸ Voir Thèse de M. Roelens, chapitre 2.6. *L'environnement Illumines*, p. 24.

⁸⁹ Voir chapitre 4.1.5. *Modélisation*, p. 156.

CASTOR. Les objets décrits ont un nom, puis font appel à des transformations géométriques et des opérations booléennes. Les nœuds des graphes sont de trois types:

- primitives géométriques;
- transformations géométriques;
- opérateurs booléens.

Le langage CASTOR, manquant de notion de variable et de structures de contrôle, a été complété par l'écriture de sur-ensembles de langages existants. Trois implantations ont été réalisées dans cet esprit sur les langages Lisp, C et C++. Toutes les images présentées ont leur modélisation écrite en CastorC⁹⁰.

5.2.4.2 La méthode du z-buffer.

Dans le calcul d'une image de synthèse, on peut distinguer trois étapes:

- l'élimination des parties cachées ;
- le rendu et l'antialiasage.

Dans la méthode du z-buffer, l'approche utilisée pour l'élimination des parties cachées est inversée par rapport à la méthode du tracé de rayon. Avec la méthode du z-buffer, la projection suit un sens de trajectoire du monde vers l'écran, alors que dans le tracé de rayon, on va de l'œil vers le monde. Elle fait intervenir un opérateur de composition chargé de déterminer ce qui est visible. Cette composition (qui fait intervenir plusieurs objets) selon les objets auxquels elle s'applique, peut avoir lieu à différents niveaux du processus de synthèse.

⁹⁰ Exemple de fichier CastorC présenté en Annexe A.

Pour la synthèse en particules, utilisée dans les différentes perspectives, seul intervient le z-buffer.

L'algorithme du z-buffer utilisé pour les polygones agit de la façon suivante: dans un premier temps, on calcule l'intersection de la ligne de balayage avec toutes les arêtes du polygone, puis on trie ces intersections par ordre croissant d'abscisses; on passe de la dimension 3 (le polygone) à la dimension 2 (ensemble de segments horizontaux issus du polygone). Dans un second temps, on balaye les pixels situés entre chaque paire d'intersection. On passe de la dimension 2 à la dimension 1: le pixel [sch.13].

Pour les rendus, on fait ensuite appel à des formules de calcul d'éclairement (exposées par M. Beigbeder⁹¹), mais aussi à l'antialiasage, pour ne pas avoir les marches d'escalier sur la frontière des objets.

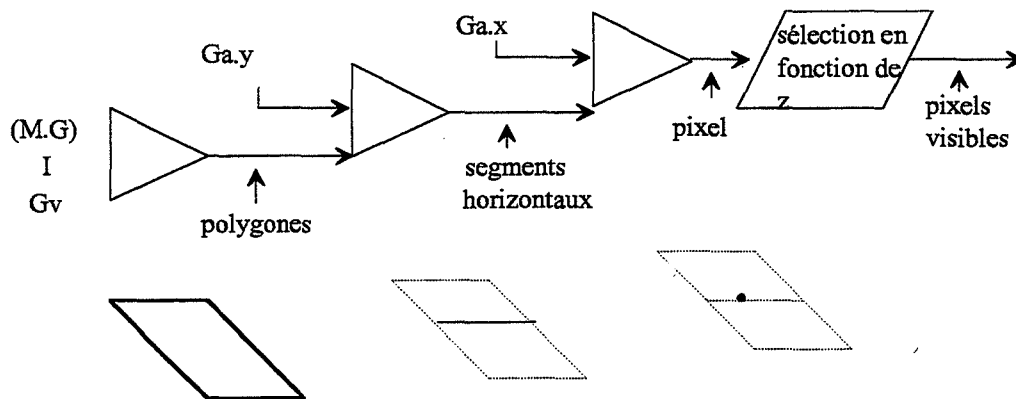


Schéma 13
Elimination des parties cachées

⁹¹ Thèse citée p. 220.

Comme nous venons de le voir, la méthode du z-buffer est efficace si on a des polygones; d'autre part, les résultats de l'arbre CSG doivent être convertis en polygones. Cette méthode classique du z-buffer réduit le polygone à ses sommets. Il suffit ensuite de projeter les sommets, puis de lier ces sommets entre eux par des droites pour obtenir la projection du polygone. Ceci suppose donc qu'à travers la transformation perspective, les lignes droites restent droites. Or, dans nos nouvelles projections, les lignes droites ne sont pas conservées. Nous avons par conséquent décidé de n'utiliser que des particules avec la méthode du z-buffer.

Chaque face de la primitive, une fois décrite par l'arbre CSG, est constellée d'un ensemble de points répartis de façon aléatoire sur ces surfaces. Chacun de ces points constitue une particule qui appartient à l'objet mais qui est projetée de façon indépendante selon l'algorithme de projection utilisé.

Pour chaque primitive, des particules (environ 5000) ont été générées sur chaque surface de la primitive. Alors qu'il aurait été difficile de décrire la projection d'un polygone, nous n'avons plus que des points à projeter.

Pour les différentes projections mises en œuvre, nous avons utilisé la nouvelle implantation de la méthode du tracé de rayon dans l'environnement Illumines, développé par Marc Roelens⁹². Cette méthode a été présentée dans son principe dans le paragraphe 3.1.7. *Visualisation: lumière et couleurs*⁹³. Pour être efficace elle nécessite un déplacement de la lumière en ligne droite. Or dans de nombreuses projections, la lumière ne décrit pas cette ligne

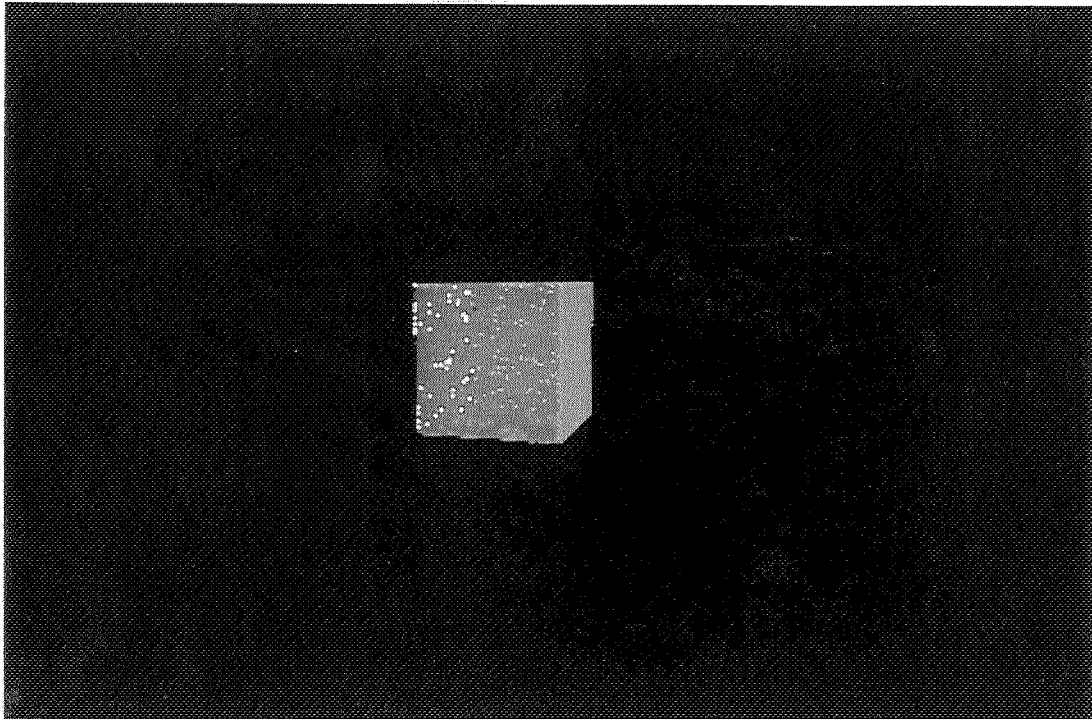
⁹² Thèse de Marc Roelens, *Un environnement pour le tracé de rayons utilisant une modélisation par arbre de construction*, soutenue le 22 Avril 1993 à l'ENMSE.

⁹³ Chapitre 4.1.7. *Visualisation lumière et couleurs*, p. 166.

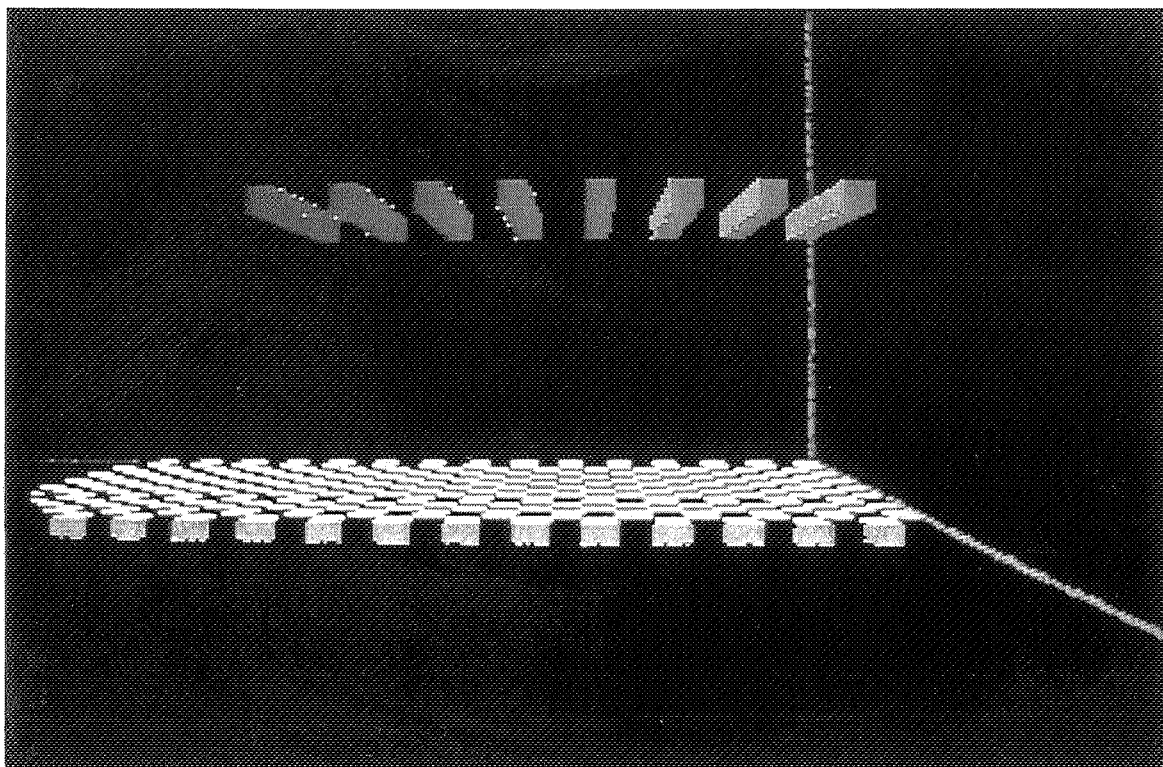
droite. Ceci signifie que les points du monde se projetant sur un même pixel ne sont pas alignés. L'algorithme du tracé de rayon ne peut donc utiliser que la seule modification du mouvement de l'œil, et ce seulement dans le cas où ce déplacement ne dépend que de la position du pixel.

L'implémentation des différentes projections, que nous avons baptisées *perspectives* a été faite avec l'aide précieuse de Michel Beigbeder pour la méthode du z-buffer, et de Marc Roelens pour la méthode du tracé de rayon. L'aspect technique du développement des perspectives sur Illumines en tracé de rayon est par ailleurs exposé dans la thèse de Marc Roelens, *Un environnement pour le tracé de rayons utilisant une modélisation par arbre de construction*, chapitre 6.2. *Perspectives non classiques*.

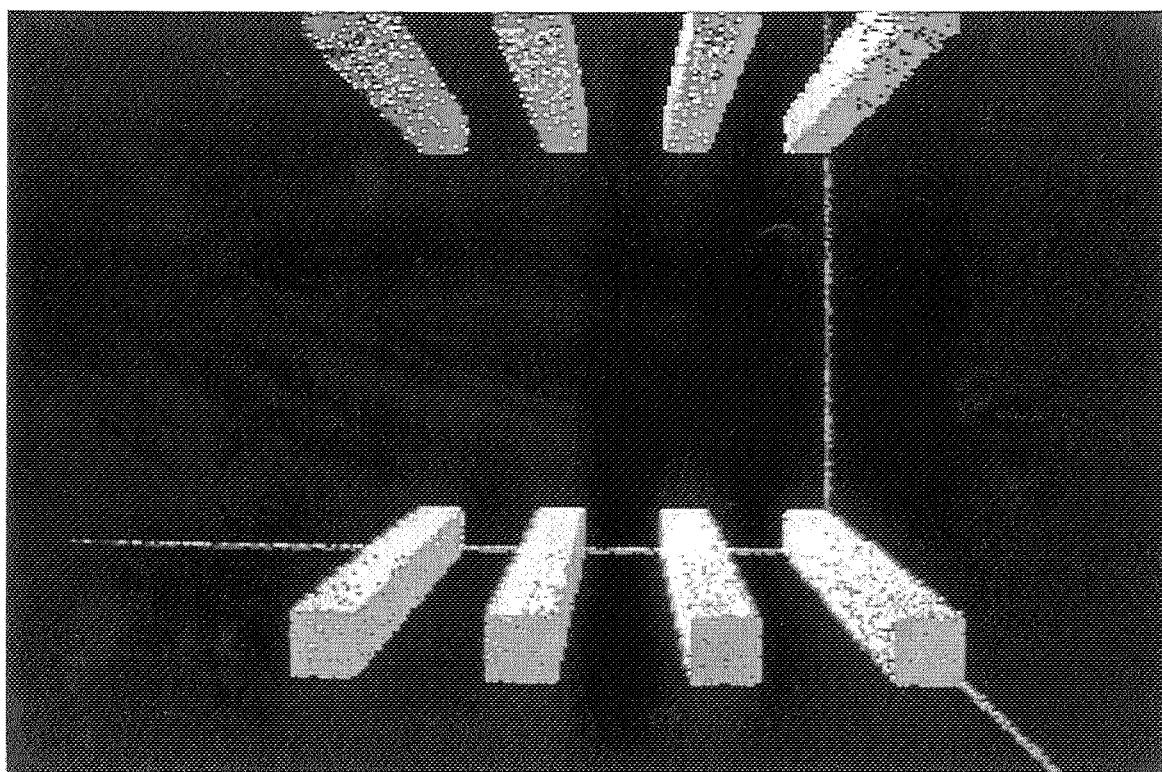
Scènes-exemple en projection conique.



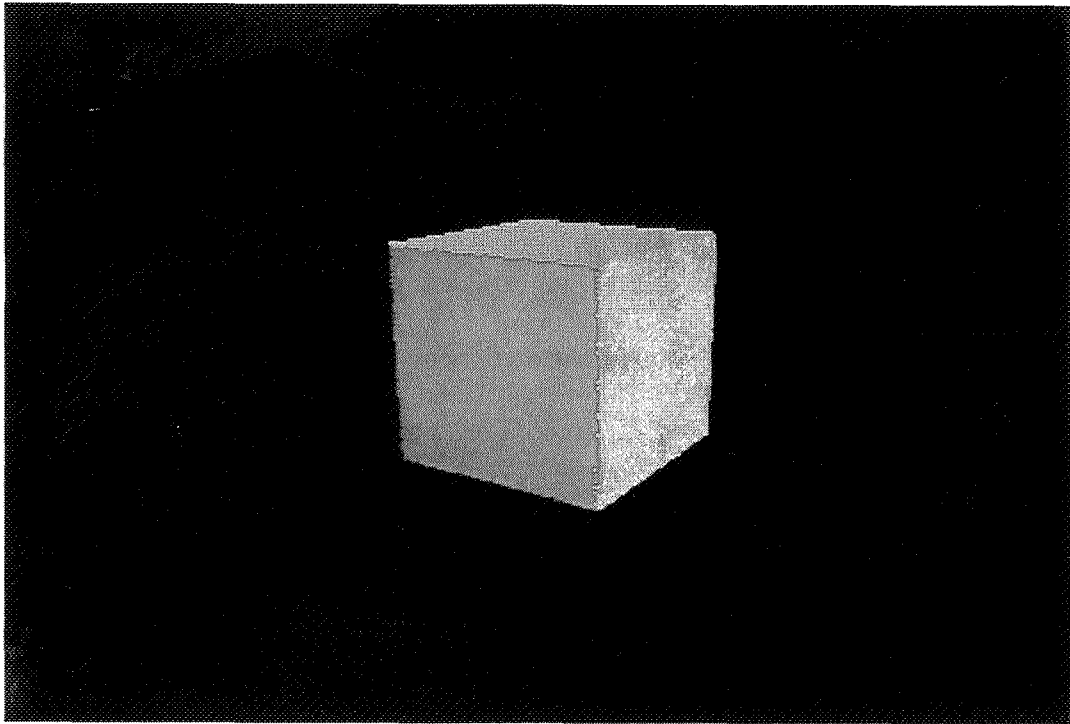
Cube en particules.



Scène poutre-carrelage en particules.



Scène poutre-sol en particules.



Cube en tracé de rayon.

5.2.5 Matrices de projection inspirées de la perspectiva naturalis: déplacement de l'œil.

Dans le cadre de ces exemples, et selon une volonté démonstratrice, le choix s'est porté sur des modèles simples, présentant soit un sol carrelé au-dessus duquel se dessinent des poutres perpendiculaires au plan de projection, soit des poutres au sol renvoyant à des poutres au plafond, soit un cube simple en particules qui permet dans le cadre de certaines projections de mieux démontrer la déformation des arêtes qu'elles induisent.

Pour les images utilisant le tracé de rayon, nous pouvons citer comme exemples: une scène avec un cube; une scène avec poutres et carrelages.

5.2.5.1 Projections avec la méthode du z-buffer.

Les premiers essais de génération de matrices de projection, ont été l'objet d'une confusion terminologique. Comme cela a été expliqué dans le chapitre 4.1.3. *Projection conique*, les termes de point de fuite et de ligne de fuite sont inexistants dans le vocabulaire de la projection spatiale. Les premières discussions et premières idées de modification des systèmes de projection ont donc été fondées sur la confusion et l'assimilation du point de fuite au point de vue. Par ailleurs, Damisch explique que "Le lieu où doit se placer le spectateur, ce lieu unique d'où la peinture demanderait à être vue pour produire son effet, trouve son répondant dans le tableau, et que ce soit dans le champ de celui-ci qu'il se laisse d'abord repérer, par *réflexion*. Ce que démontre en effet l'expérience de Brunelleschi, c'est que le point que nous nommons aujourd'hui "point de vue", ce point se trouve coïncider, projectivement parlant, avec le point dit de fuite"⁹⁴. De la confusion de ces termes, sont nés différents modèles basés sur le concept de base de la *perspectiva naturalis*, à savoir: plusieurs points de fuite alignés selon l'axe des y. Par conséquent, la confusion point de fuite point de vue a entraîné cette première hypothèse: les points de vue doivent s'aligner selon l'axe des y. Une translation de l'œil selon cet axe devrait permettre l'apparition de cet axe de projection.

A ce stade du développement, il y a une petite parenthèse à ouvrir. Il est important de noter que dans les perspectives à axe de fuite, les lignes de fuite ne sont pas obligatoirement des axes parallèles les uns aux autres. Nous pouvons constater, comme dans *La remise des tables de la loi*, miniature extraite de la bible d'Alcuin du IX^e siècle [fig.46], que les points de fuite ne sont pas alignés de façon régulière et récurrente. Nous prendrons une option arbitraire de régularité et d'ordre dans la position relative des points de fuite entre eux. Le modèle sera

⁹⁴ Hubert Damisch, *L'origine de la perspective*, Ed. Flammarion, p. 117.

donc celui du fragment de décoration murale du quatrième style de Boscoreale, datant du 1^{er} siècle [voir fig.24 p.117].

L'observation de ce modèle nous permet de dire également que plus les poutres sont proches de l'axe central de projection, plus le point de fuite de ces poutres s'élève selon l'axe des y . Inversement, plus ces poutres sont rejetées vers les bords de l'image, plus leur point de fuite est bas. Par ailleurs, les lignes de fuite auxquelles nous nous référons, sont des axes rectilignes, perpendiculaires au plan de projection. Nous pouvons en déduire que l'éloignement du point dans l'espace par rapport à l'œil n'a aucune incidence sur la position de ce dernier.



Figure 46

Remise des tables de la loi, Miniature du IX^e siècle,
extraite de la Bible d'Alcuin.

Dans le repère de l'œil, ces quelques observations nous donnent les contraintes suivantes:

- l'œil translate sur l'axe des y ;
- la translation de l'œil est fonction du point à projeter;

- plus la valeur en x du point est proche de 0, plus le point de translation en y de l'œil est éloigné de 0;
- la valeur en z du point n'influe pas sur la translation de l'œil.

L'interprétation géométrique de ce modèle est la suivante [sch.14]; où le point a , projeté sur un bord de l'écran dans le plan xz n'implique pas de translation du point de vue; où le point b , s'approchant de l'axe central de l'écran dans sa projection dans le plan xz , a un point de vue translaté d'une valeur proportionnelle à la distance qui le sépare de l'axe central de projection; où le point c , proche du plan séquent yz prolongement de l'axe central de projection dans l'espace, se projette vers un point de vue fortement éloigné du 0 de l'axe des y .

D'où ces quelques conclusions:

- l'œil se déplace dans son repère et a pour position $(0,y,0)$ avec $y = f(x)$;
- $y = 0$ quand x est grand, et y est grand quand $x = 0$.

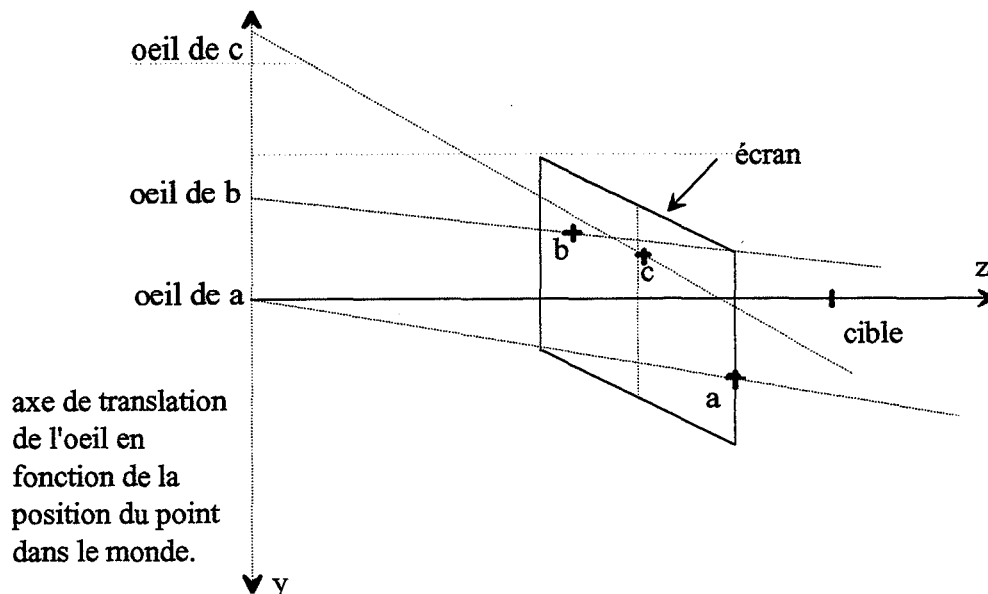


Schéma 14
Déplacement de l'œil.

De ces observations nous avons extrait deux fonctions de projection où l'œil se positionne en y_0 sur l'axe des y . La première fonction explorée a été la fonction hyperbolique issue de la constatation que la position y_0 de l'œil est inversement proportionnelle à la position en x du point dans l'espace. La deuxième fonction est une fonction affine, inspirée des palliers relativement réguliers qui séparent les différents points de fuite.

La projection du point M de coordonnées (x,y,z) sera donc inchangée en x , mais sera fonction de la position y de l'œil pour ses coordonnées en y_0 . Le point M (x,y,z) se projettera donc en:

$$\left(d\frac{x}{z}, y_0 + d\frac{(y-y_0)}{z} \right)$$

où y_0 est défini comme une fonction de x .

Nous appellerons **perspective hyperbolique** la projection où:

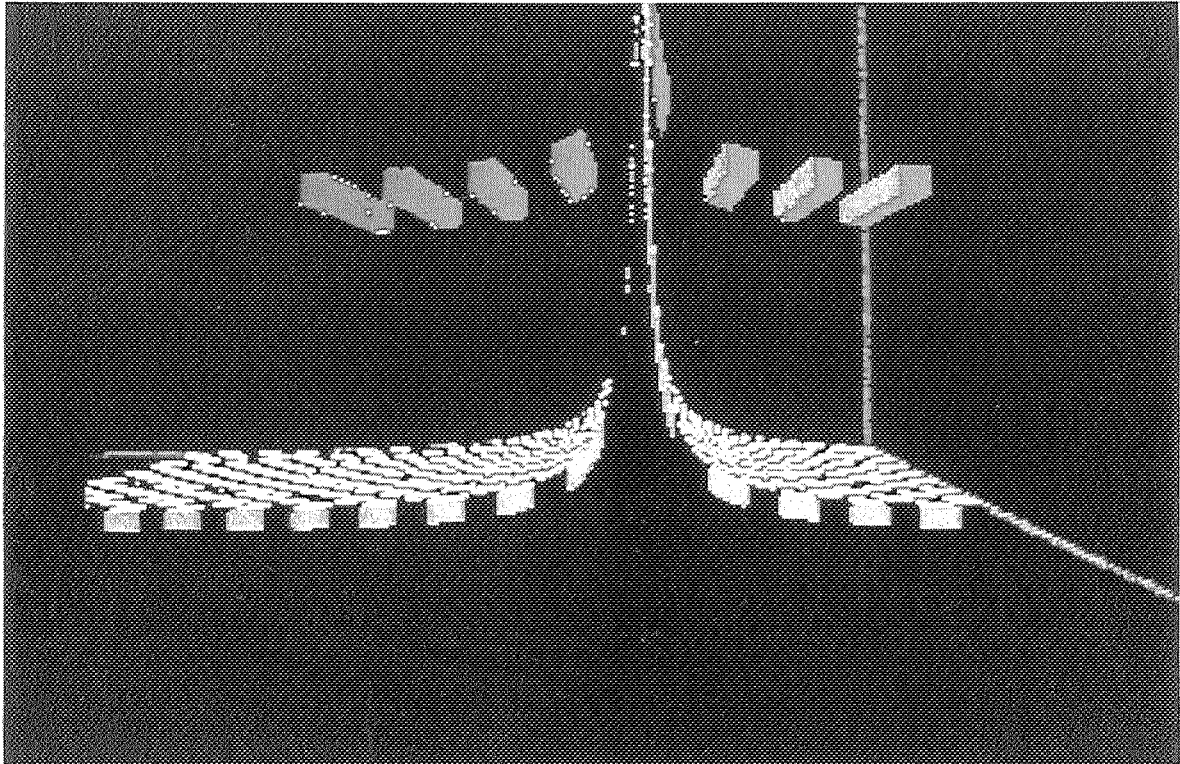
$$y_0 = \frac{k}{|x|}$$

et **perspective à chevron** la projection avec la fonction quasi-affine:

$$y_0 = k|x|$$

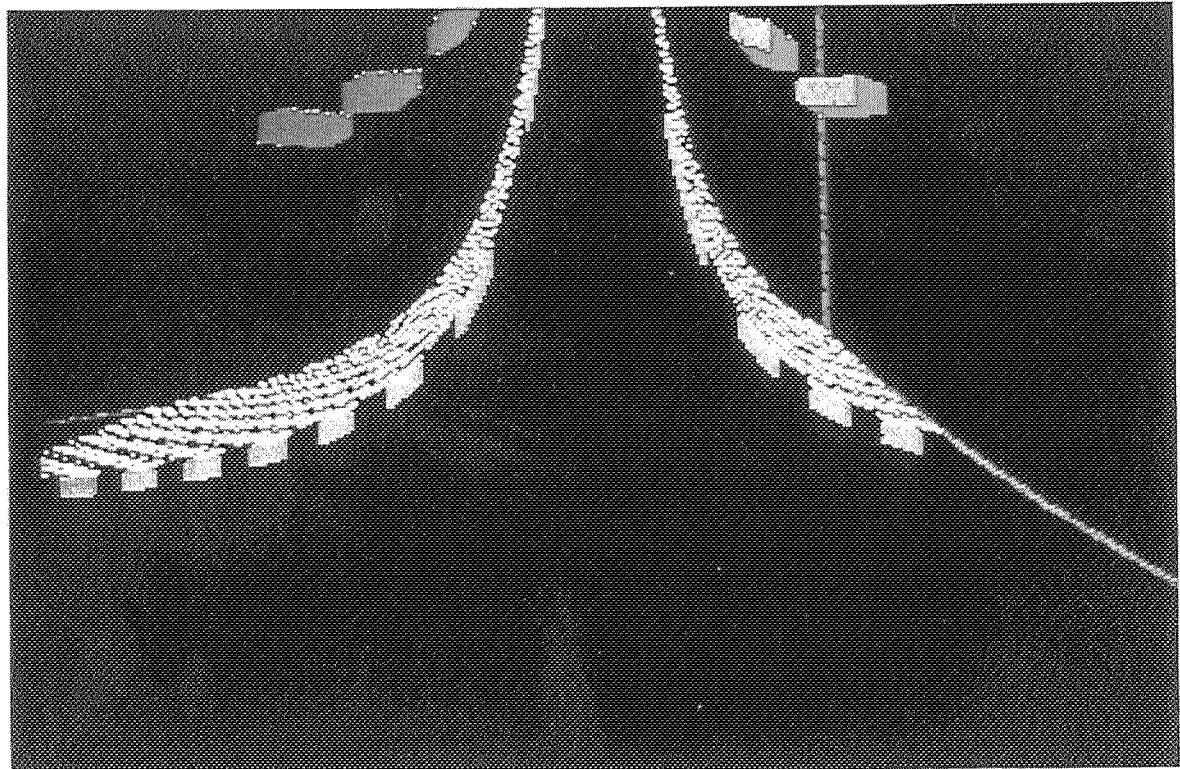
Une extension de la perspective à chevrons a été effectuée avec la perspective à faisceaux croisés, permettant une symétrie de projection entre les éléments supérieurs de l'image et les éléments inférieurs, en fonction d'un plan médian établi au niveau vertical de l'œil sur l'image.

Perspective hyperbolique méthode du z-buffer



Exemple 1

Scène poutre-carrelage en perspective hyperbolique par rapport au monde; coefficient $\lambda = 0.01$



Exemple 2

Scène poutre-carrelage en perspective hyperbolique par rapport à l'écran; coefficient $\lambda = 0.005$.

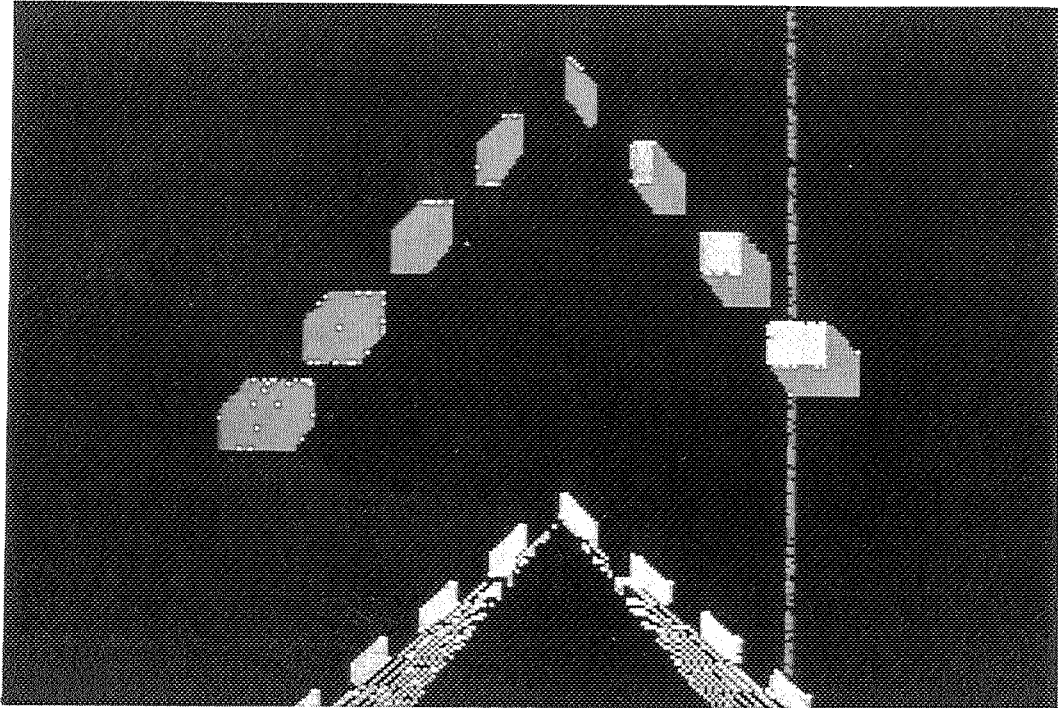
- *Perspective hyperbolique* : observations et analyse.

Le résultat de la fonction hyperbolique semble excessivement éloigné de la *perspectiva naturalis*. La fonction mathématique de projection utilisée, se dessine en toute simplicité sur l'écran. L'image est aspirée en son centre vers un infini hors écran. Sur les bords latéraux de l'image, peu ou pas de déformations sont à observer. L'image paraît donc comme aimantée et déstructurée en son centre. Aspirée à l'approche de cette zone, cœur de l'image où devrait se situer le point de fuite d'une projection conique.

Cette première expérience pourrait être inscrite dans le cadre d'une représentation anti-perspectiviste où le point de fuite se trouve par sa multiplication infinie dématérialisé, déconceptualisé. La catastrophe représentationnelle qui en résulte, le cataclysme central de l'image, seraient les symboles et les indices d'une fuite de la convergence vers l'éclatement.

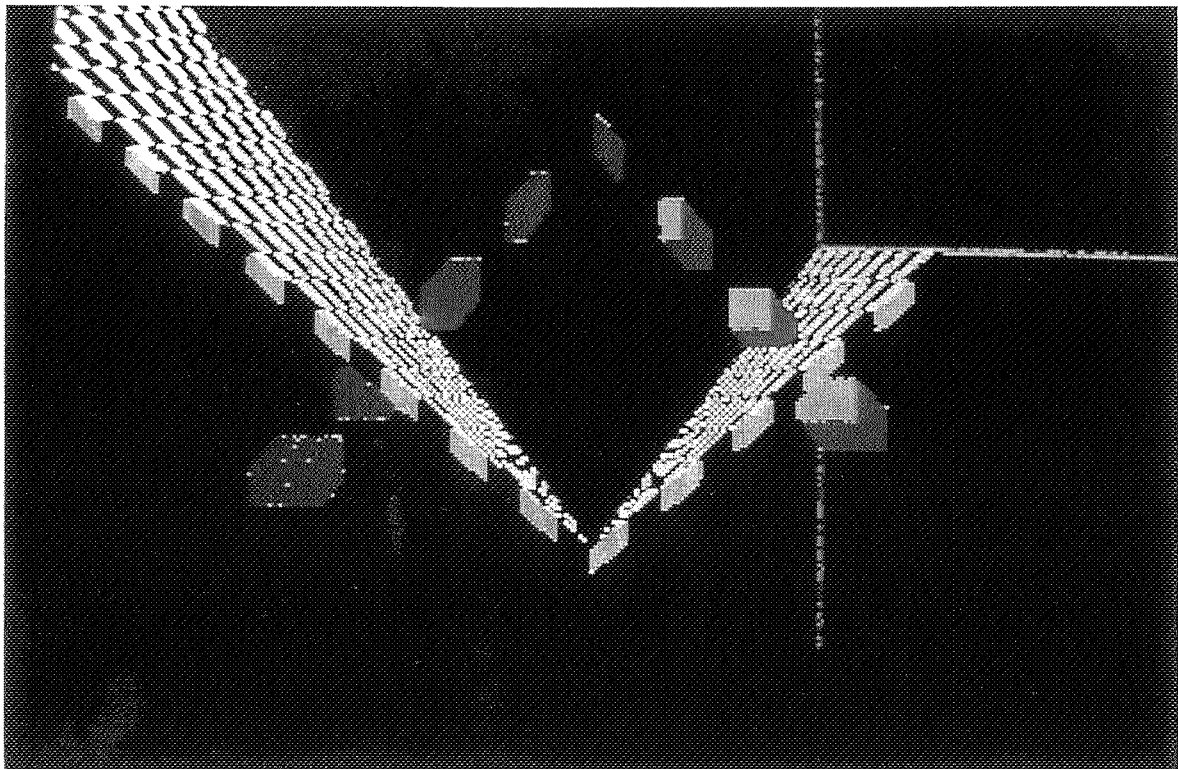
La critique qui cependant me paraît poindre quant au résultat obtenu de ce premier essai serait: quel est le rapport avec la *perspectiva naturalis* dont serait issu ce modèle? Comme je l'ai expliqué, nous sommes partis d'un concept et de l'idée de l'alignement selon un axe vertical des points de fuite. Notre première tentative nous a entraîné dans une conception extrémiste de la multiplication des points de fuite. Cet extrême va servir de balise pour recentrer les recherches mathématiques vers des fonctions plus pondérées et proches de la représentation en *perspectiva naturalis*.

Perspectives à chevron et à faisceaux croisés méthode du z-buffer



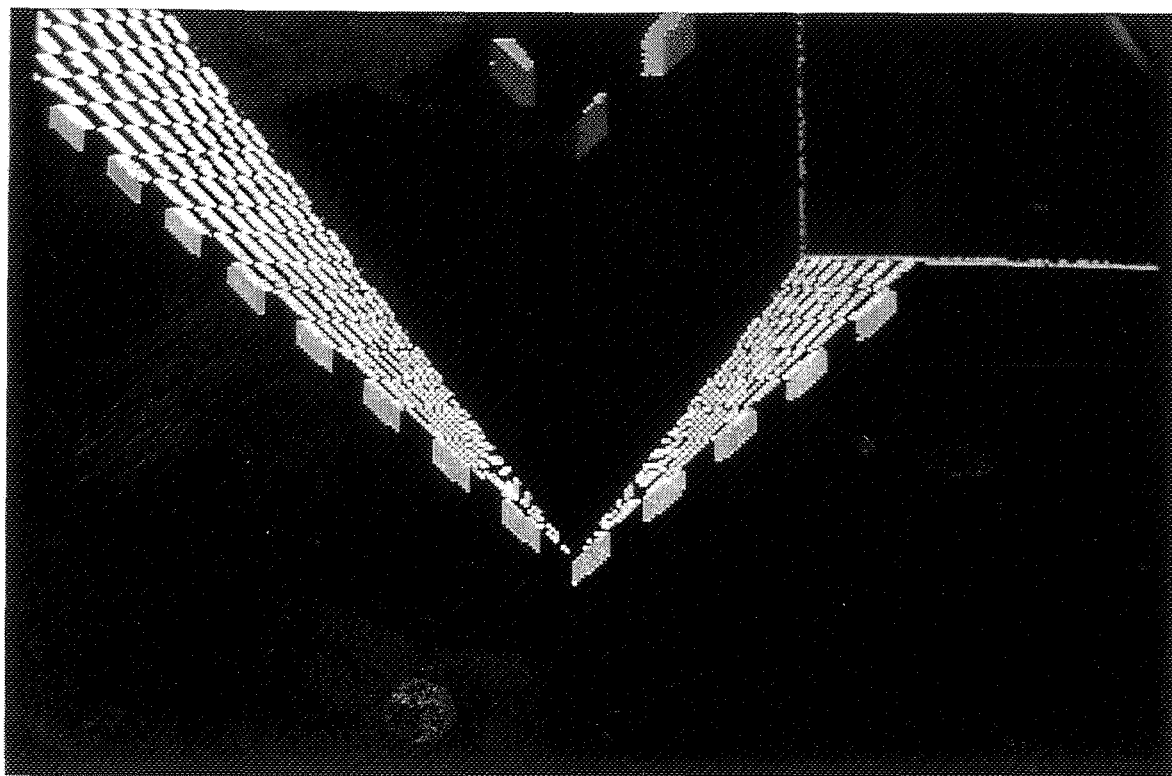
Exemple 3

Scène poutre-carrelage avec perspective à chevron "tête en haut".



Exemple 4

Scène poutre-carrelage avec perspective à faisceaux croisés.



Exemple 5

Scène poutre-carrelage avec perspective à chevron "tête en bas".

• *Perspective à chevrons et faisceaux croisés: observations et analyse.*

Le résultat de cette matrice de projection semble répondre au premier concept retenu à savoir la démultiplication et l'alignement des points de fuite. Si nous poursuivons en effet les lignes de fuite, nous pouvons aisément constater qu'un axe de fuite se dessine. Cependant, la particularité graphique de ce type de projection semble consister en l'étranglement de l'image en son centre comme un nœud papillon. Or dans le modèle de la *perspectiva naturalis*, les lignes horizontales restent horizontales, et en quelque portion de l'image que l'on se trouve, il n'y a pas cette impression d'étranglement.

Si l'on regarde par ailleurs l'extension à la perspective en faisceaux croisés, on peut facilement observer que l'image résultante semble la superposition transparente de deux

perceptions de l'espace. La confusion naissant de la combinaison de ces deux perceptions éloigne encore plus l'idée de *perspectiva naturalis*.

La présentation de ces deux modèles de projection me semble se justifier par le rapprochement que l'on peut en faire avec l'idée d'axe de fuite. Par ailleurs, l'application étendue à d'autres images éloignées des canevas de poutres et de carrelages, génère des résultats qui me semblent esthétiquement parlant intéressants, emprunts d'un modèle géométrique difficilement identifiable et cependant très présent. D'autre part, il me semble que la nature et l'esthétique si particulière d'images de synthèse générées en particules, et détournées d'une projection conique amènent à une déconstruction de l'image tout à fait nouvelle et intrigante.

5.2.5.2 Projection avec la méthode du tracé de rayon.

Dans les modèles de projection présentés avec la méthode du z-buffer il peut être démontré que la lumière, dans les deux cas de perspective ne se déplace pas en ligne droite. Par conséquent, l'implémentation en ray-tracing de façon rigoureuse de ces modèles de projection paraît complexe et délicate. D'autre part, l'extension de la perspective à chevron nommée perspective à faisceaux croisés n'a pas été implantée, car elle suppose qu'en un pixel de l'écran, deux droites se projettent, issues d'une symétrie de position de deux points par rapport au plan médian horizontal de l'écran.

Comment ont été abordées les projections impliquant un déplacement de l'œil?

La première nuance, par rapport à la méthode du z-buffer, est que tout déplacement de l'œil ne se fait plus en fonction de la position du point dans l'espace, mais en fonction de la position du point sur l'écran.

Ainsi, dans la **perspective hyperbolique**, le déplacement en y de l'œil vers la position y_0 devient:

$$y_0 = \frac{k}{|x_{pixel}|}$$

où x_{pixel} désigne la coordonnée en $X_{écran}$ du pixel de calcul.

La constante k choisie a été précisée par défaut pour que le déplacement de l'œil en y_0 soit égal à la moitié de la hauteur de l'écran quand :

$$|x_{pixel}| = \frac{1}{6}(\text{largeur} - \text{écran})$$

avec:

$$\begin{aligned} \text{largeur} - \text{écran} &= 2 \tan \alpha \\ \text{hauteur} - \text{écran} &= 2 \tan \beta \end{aligned}$$

d'où:

$$k = \frac{\tan \alpha \tan \beta}{3}$$

où l'angle α est l'angle d'ouverture de l'œil en x et β l'angle d'ouverture de l'œil en y.

Pour ce qui est de la perspective à chevron, le résultat est sensiblement différent de celui qui a été établi avec la méthode du z-buffer; "l'arête de poisson" se dessinant de façon plus évidente à l'écran, nous avons nommé cette projection **perspective en arête de poisson**.

De la même façon, l'œil translate selon l'axe des y en une position y_0 dépendant de x_{pixel} :

$$y_0 = k|x_{pixel}|$$

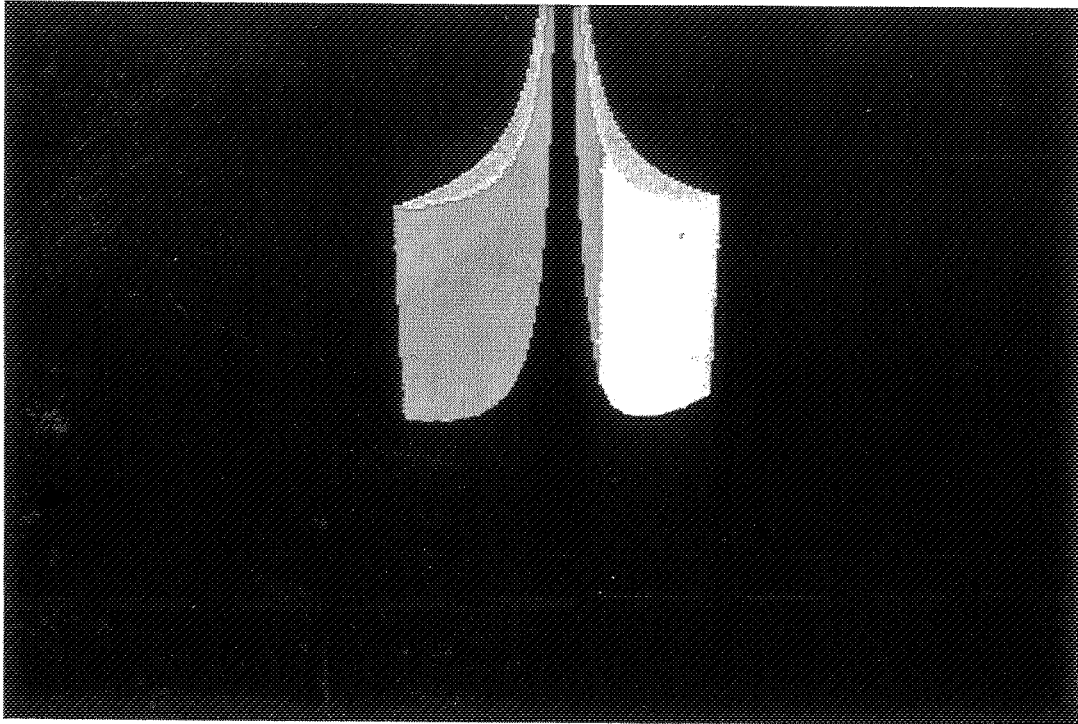
La constante k qui peut être choisie, a dans les exemples suivants été précisée par défaut de façon à ce que la droite d'équation $Y=Z=0$ passe par les coins de l'image.

•*Perspective hyperbolique et en arête de poisson*: : observations et analyse.

La *perspective hyperbolique* développée en tracé de rayon donne un résultat approximativement identique à celle présentée avec la méthode du z -buffer. L'image bascule vers une aspiration centrale où se compriment les différents modules projetés. Nous voyons de la même façon la fonction hyperbolique se dessiner au sein de l'image. Selon la nature de l'image, cette projection donne le reflet d'une image brisée, où deux mondes séparés par une balise infranchissable ne peuvent communiquer que par distorsion des formes.

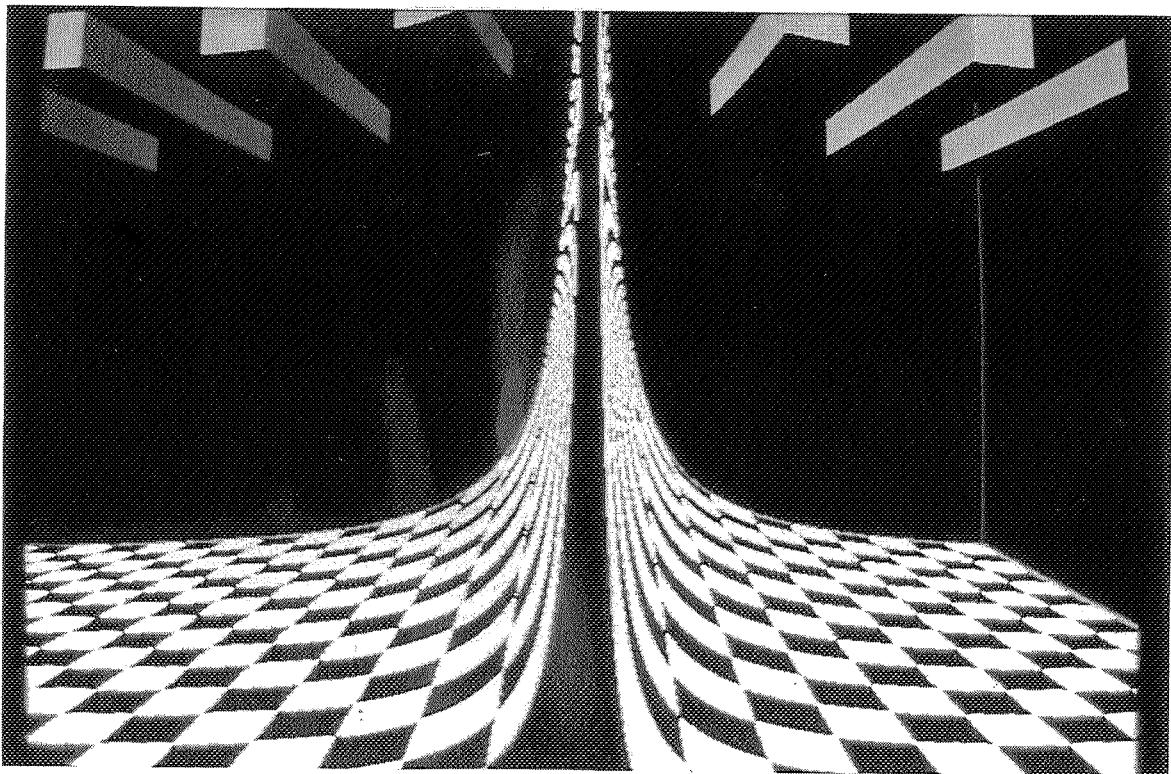
Pour ce qui est de la perspective qualifiée ici en *arête de poisson*, l'analogie avec le modèle initial semble de plus en plus forte. L'axe de fuite est présent. Néanmoins on peut encore remarquer le fait que la ligne d'horizon se trouve elle aussi brisée comme une charpente en son centre. L'espace se casse de façon symétrique en deux parties. Il n'y a par contre plus d'effet de rupture de la perspective hyperbolique. Cette fonction semble s'approcher de façon plus évidente du modèle retenu et des concepts que nous en avons extrait.

Perspective hyperbolique en tracé de rayon



Exemple 6

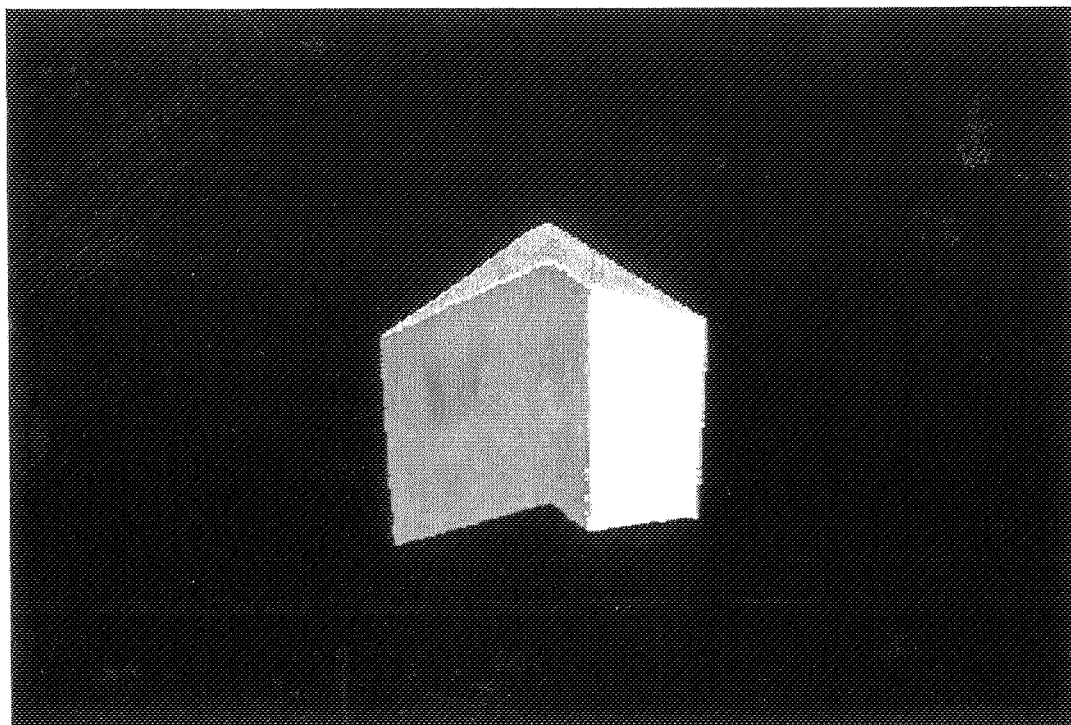
Cube avec projection hyperbolique en tracé de rayon.



Exemple 7

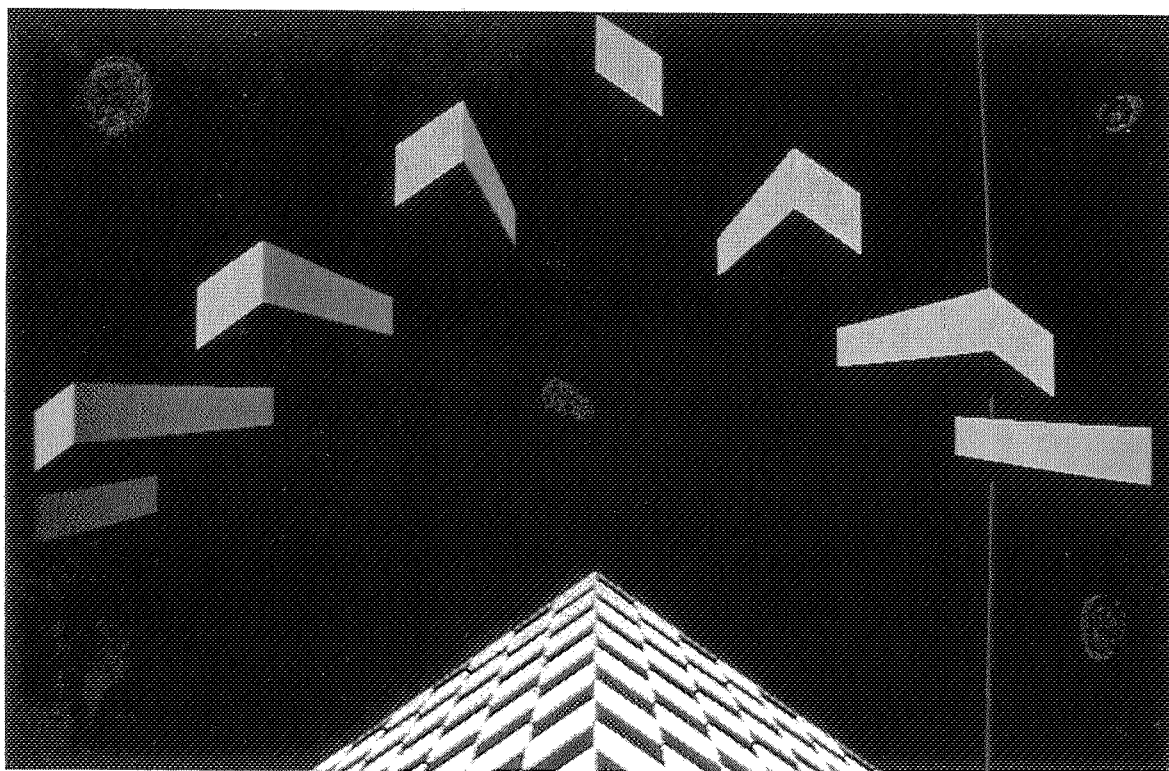
Scène poutre-carrelage avec projection hyperbolique en tracé de rayon.

Perspective en arête de poisson en tracé de rayon



Exemple 8

Cube avec projection en arête de poisson en tracé de rayon.



Exemple 9

Scène poutre-carrelage avec projection en arête de poisson en tracé de rayon.

5.2.6 Matrices de projection inspirées de la perspectiva naturalis: déplacement de la direction de visée.

Dans cette seconde approche de la perspectiva naturalis, nous sommes partis d'une recherche sur la définition mathématique du point de fuite. Le problème posé a été la recherche d'une fonction qui associe le point de fuite à un point M_0 dans le monde.

Nous avons vu dans le chapitre 5.1.3. *Projection conique*, que le point de fuite a pu être mathématiquement défini. L'une des idées, pour déplacer et démultiplier le point de fuite, a été de tourner la direction de visée. En effet, la fonction mathématique qui définit le point de fuite est dépendante de la direction de visée.

Dans cette application, tourner la direction de visée revient au même que de tourner l'ensemble du monde dans une direction opposée. Tout ce que nous allons définir ici se passe dans le repère de l'œil. Nous allons supposer dans un premier temps qu'une rotation autour de l'axe des x (dans le repère de l'œil) devrait permettre logiquement une multiplication des points de fuite et un alignement vertical de ceux-ci. Etudions donc mathématiquement le cas d'une rotation autour de l'axe des x .

La nouvelle matrice de projection va être le résultat du produit de la matrice de rotation autour de l'axe des x et de la matrice de projection de la perspective conique⁹⁵:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{d} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

⁹⁵ Voir chapitre 5.1.3. *Projection conique*, p. 203.

Si nous prenons de façon générale une direction V de coordonnées $(a,b,c,0)$. Toutes les droites ayant cette direction vont converger en un point qui sera le point de fuite de l'ensemble des lignes ayant la direction V . Avec un point M_0 de coordonnées $(x_0, y_0, z_0, 1)$ l'ensemble des points définissant la ligne passant par M_0 et de direction V auront pour coordonnées:

$$(x_0 + \lambda a, y_0 + \lambda b, z_0 + \lambda c, 1)$$

En utilisant la nouvelle matrice de projection, le point de coordonnées (x, y, z) se projette en:

$$\left(d \frac{x}{y \sin \theta + z \cos \theta}, d \frac{y \cos \theta - z \sin \theta}{y \sin \theta + z \cos \theta} \right)$$

Si l'on remplace les coordonnées (x, y, z) par celles d'un point appartenant à une ligne parallèle à la direction V , le projeté répond aux coordonnées:

$$\left(d \frac{x_0 + \lambda a}{(y_0 + \lambda b) \sin \theta + (z_0 + \lambda c) \cos \theta}, d \frac{(y_0 + \lambda b) \cos \theta - (z_0 + \lambda c) \sin \theta}{(y_0 + \lambda b) \sin \theta + (z_0 + \lambda c) \cos \theta} \right)$$

On trouve le point de fuite en cherchant la limite de l'équation précédente lorsque λ tend vers l'infini. Par conséquent, le point de fuite de la direction V a pour coordonnées:

$$\left(d \frac{a}{b \sin \theta + c \cos \theta}, d \frac{b \cos \theta - c \sin \theta}{b \sin \theta + c \cos \theta} \right)$$

Comme nous ne considérons que les lignes parallèles à l'axe des z (référence aux directions des poutres et carrelages des modèles), pour lesquelles a et b sont égaux à 0, et c égal à 1, le point de fuite se simplifie et a pour coordonnées:

$$(0, -d \tan \theta)$$

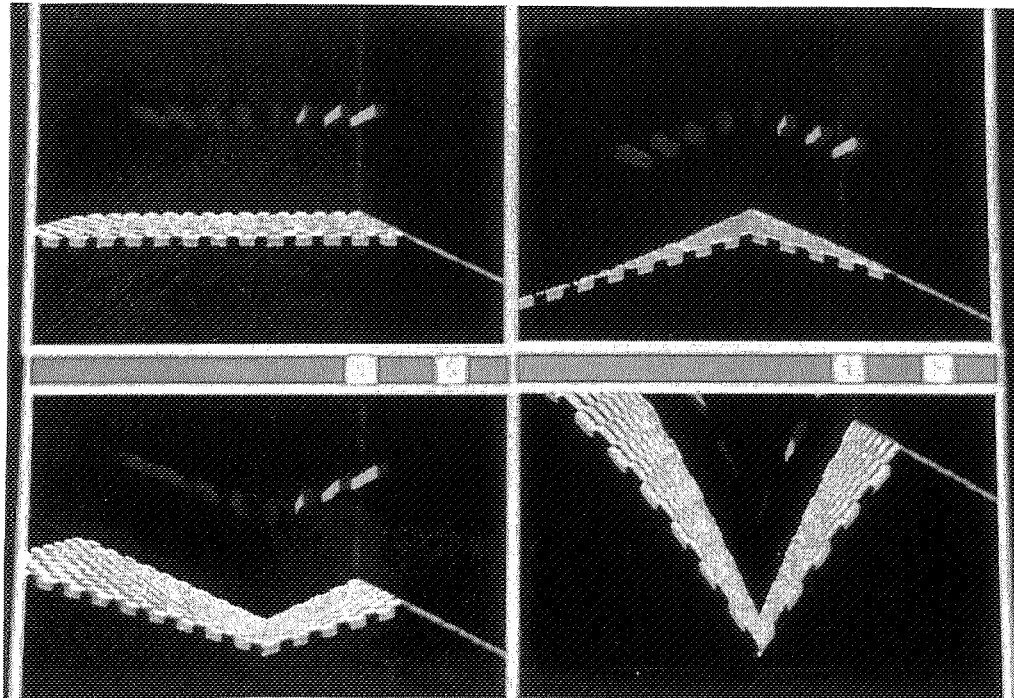
Les points de fuite définis dans cette formule sembleraient s'aligner verticalement sur l'axe des y . En généralisant le modèle, la direction de visée pourrait être tournée autour de n'importe quel axe et les points de fuite se situer n'importe où dans l'image.

Mais revenons à l'image. Lorsqu'une image est peinte, le point de vue est une inconnue, par contre, quelques points de fuite peuvent être définis en suivant la direction $(0, 0, 1)$ qui est de façon générale la direction des poutres des plafonds. Une direction de visée correspond à chacun de ces points de fuite. Si une fonction, qui associe un point de fuite à chaque ligne droite parallèle à l'axe des z était connue, il serait possible de calculer la rotation de la direction de visée pour chaque point dans le monde.

L'équation précédente nous a permis de définir la position des points de fuite alignés selon l'axe des y en fonction d'un angle θ . Il faut à présent que la valeur de θ dépende de la position du point dans l'espace. Nous n'allons ici ne nous référer qu'à un déplacement continu et monotone des points de fuite [voir fig.24 p.117]. La maîtrise par un coefficient devra permettre de régler la proportion du déplacement de la direction de visée. L'équation se servant d'une fonction linéaire en x sera donc:

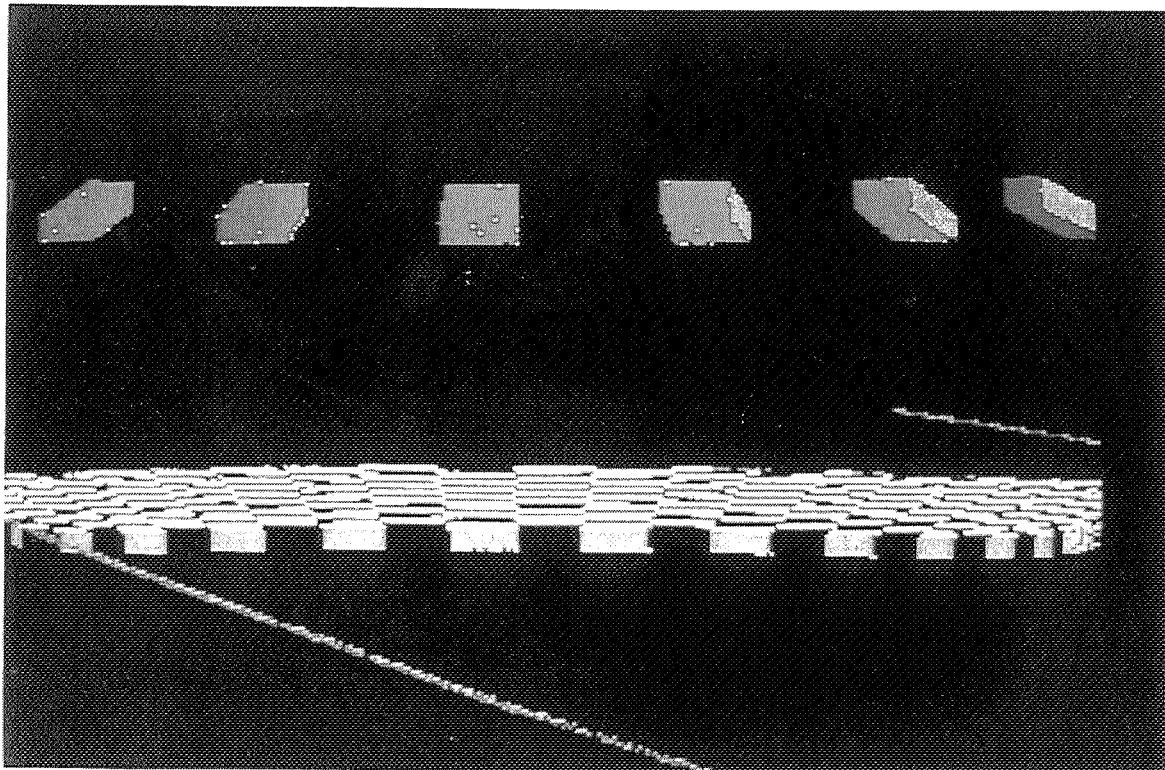
$$-d \tan \theta = kx \text{ où } k = \alpha \times 10^{-2}$$

Perspective en arête de poisson méthode du z-buffer



Exemple 10

- 1.- Scène poutre-carrelage en projection conique;
- 2.- Même scène avec déplacement vertical de l'œil où $kcoef = -0.01$;
- 3.- Même scène, même déplacement de l'œil avec $kcoef = 0.01$;
- 4.- Même scène, même déplacement de l'œil avec $kcoef = 0.05$.



Exemple 11

Scène poutre-carrelage avec déplacement horizontal de l'œil.

- *Perspective en arête de poisson, méthode du z-buffer*: observations et analyse.

Le déplacement de la direction de visée nous procure un résultat proche de la perspective en *arête de poisson* développée avec le tracé de rayon. Les lignes de fuite ne convergent plus en un seul point mais s'alignent selon un axe vertical. Nous avons bien le dessin d'une arête de poisson, mais la même remarque peut être faite en ce qui concerne les lignes horizontales; celles-ci se brisent au centre de l'image, comme si celle-ci avait été pliée.

Un rapprochement du modèle de la *perspectiva naturalis* est cependant à remarquer. Le carrelage, malgré le pli central, reste en damier régulier, et le dessin de l'arête de poisson est très présent.

5.2.7 *Matrice de projection inspirées de la perspectiva naturalis: diminution profondeur et déplacement des plans.*

Dans les deux matrices précédentes, nous avons pu observer un phénomène de pliage au centre de l'image. L'orientation des directions considérées dans un plan parallèle à l'écran n'est pas conservé. En effet, les lignes horizontales se brisent, et les lignes verticales s'inclinent. Nous avons donc dans ce modèle de projection retenu le fait que les dimensions et les direction des lignes prises dans un plan parallèle à l'écran demeurent inchangées. Par ailleurs, si nous observons les modèles que nous avons choisis pour notre étude de la *perspectiva naturalis*, nous avons le sentiment que le plan perpendiculaire au plan de l'écran bascule vers le regard; d'autre part, la diminution des objets dans leur profondeur ne semble pas aussi importante que dans la *perspectiva artificialis*.

Ces diverses observations nous ont entraîné vers la réalisation d'une matrice de projection permettant le contrôle de la diminution des plans parallèles à l'écran dans la profondeur. Ce contrôle va s'effectuer sur l'axe des z . Dans une projection conique classique, la diminution des rapports dans le plan en fonction de la profondeur s'exprime de la façon suivante:

$$\begin{pmatrix} k(z) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k(z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

avec $k(z) = z^\alpha$ où $\alpha = -1$

Le contrôle de la diminution des plans dans la profondeur va donc se faire par le paramètre α , dont la valeur va être comprise entre: $-1 < \alpha < 0$.

Nous avons par ailleurs observé que les plans ne diminuent pas seulement de façon moins marquée, mais également que ceux-ci ne s'alignent pas en leur centre sur un point de fuite. Les plans translatent donc les uns par rapport aux autres. Dans certaines représentations, les poutres semblent balayées d'un côté. Dans d'autres, les carrelages semblent se rabattre vers l'écran. Nous avons donc supposé une translation des plans découpés en fonction de z . La matrice de découpage des plans est la suivante:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{d} \\ t_x(z) & t_y(z) & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

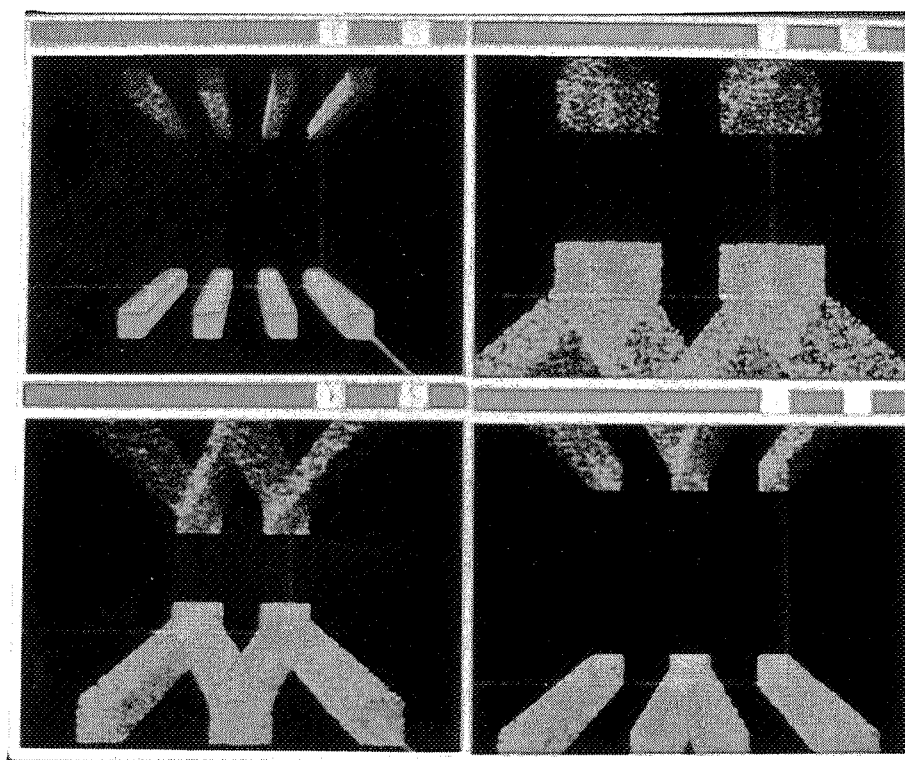
avec $t_x(z) = \beta \times z$ et $t_y(z) = \gamma \times z$

Les paramètres α nous permettront de maîtriser la diminution des dimensions en profondeur, β et γ de paramétrer le décalage des plans en x et en y . Le projeté du point M de coordonnées $(x, y, z, 0)$ aura pour coordonnées:

$$\begin{aligned}x' &= t_x(z) + k(z)x. \\ y' &= t_y(z) + k(z)y.\end{aligned}$$

Le réglage de ces différents facteurs va nous permettre d'effectuer une étude approchée du modèle de la *perspectiva naturalis*.

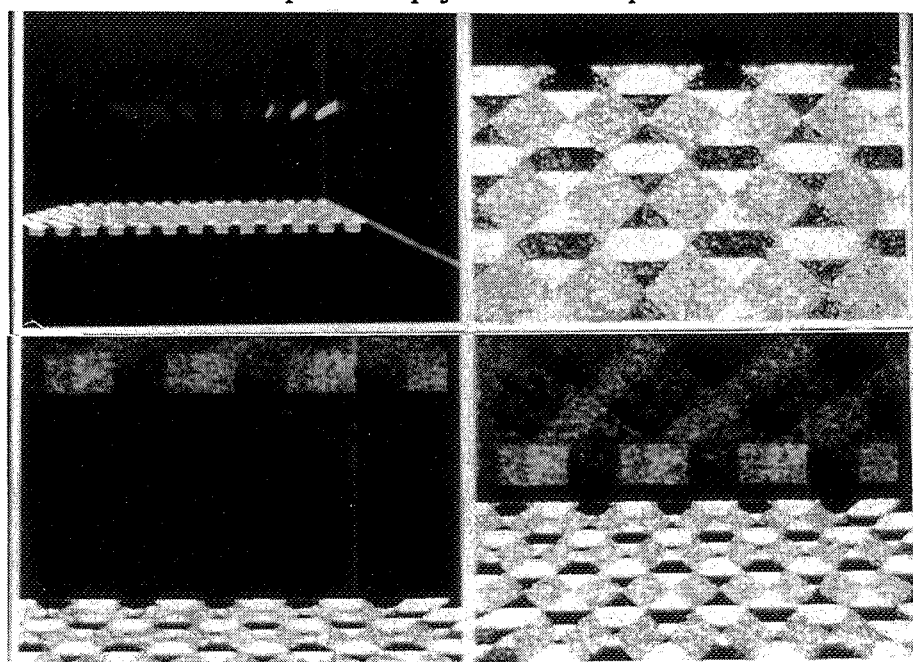
Projection avec contrôle diminution-profondeur, déplacement des plans.



1	2
3	4

Exemple 12

- 1.- Scène poutres en projection conique;
- 2.- Scène poutres avec projection diminution-profondeur et coefficients: -0.6; -0.02; -0.02;⁹⁶
- 3.- Scène poutres avec projection diminution-profondeur et coefficients: -0.8; -0.01; -0.01;
- 4.- Scène poutres avec projection diminution-profondeur et coefficients: -0.8; -0.005; -0.005;



1	2
3	4

Exemple 13

- 1.- Scène poutre-carrelage en projection conique;
- 2.- Scène poutre-carrelage en projection diminution-profondeur et coefficients: -0.5; -0.05; -0.05;
- 3.- Scène poutre-carrelage en projection diminution-profondeur et coefficients: -0.7; -0.03; -0.01;
- 4.- Scène poutre-carrelage en projection diminution-profondeur et coefficients: -0.7; -0.03; -0.02;

⁹⁶ Coef.1: réglage de diminution des plans; coef.2: déplacement de translation verticale des plans; coef.3: déplacement horizontal de translation des plans.

•*Projection diminution-profondeur et déplacement des plans*: observations et analyse.

La première remarque que nous pouvons faire au regard de ces images est sur le contrôle des différents paramètres. Lorsque le paramètre α définissant le coefficient de diminution des mesures de la profondeur s'approche de -1, un rapprochement certain se fait avec la perspective conique. Par contre, si sa valeur s'approche de 0, la diminution des dimensions devient si faible qu'il n'est plus guère possible de la remarquer.

Le déplacement en x des plans, déterminé par le coefficient β , permet un croisement plus ou moins marqué de ceux-ci. En effet, si les coordonnées du point dans l'espace en x sont positives ou négatives, le coefficient β prend une valeur opposée. Nous avons donc en x un croisement des plans qui coulisent les uns derrière les autres. La même remarque peut être faite pour le coefficient γ , qui peut impliquer soit un rabattement/fusion des plans dans la hauteur de l'image, soit une rencontre non consommée entre la partie supérieure et la partie inférieure de l'image.

Au regard de la *perspectiva naturalis*, il semble apparaître une certaine ressemblance. Déjà, la conservation des directions et des rapports de dimensions dans un plan parallèle à l'écran est important au regard de ces similitudes. D'autre part, le croisement de direction des poutres dessine une amorce d'arête de poisson. Cependant, au niveau de la démultiplication et de l'alignement des points de fuite, ce modèle paraît moins performant que le précédent. Il semblerait en effet que nous nous trouvions en présence de quatre points de fuite répartis chacun dans l'un des quarts de l'image. Néanmoins, ce modèle est certainement le plus proche de la *perspectiva naturalis*.

5.2.8 Matrices de projection inspirées du Cubisme.

Le Cubisme se veut le reflet de la perception dans la multiplicité des points de vue qu'elle revêt, la synthèse et l'analyse de ces images multiples. Soit il s'agit d'une vision circulaire et englobante autour de l'objet, soit c'est l'objet, qui dans ses mouvements, dévoile ses nombreuses facettes. L'idée de circulation autour de l'objet va être à la base de ces matrices.

5.2.8.1 Perspective circulaire.

La perspective circulaire est basée sur l'idée de déplacement de l'œil. Ce déplacement centré sur l'objet suppose par ailleurs une transformation de l'écran, qui de plan devient un cylindre de projection. Dans un premier temps, nous allons présenter la perspective circulaire réalisée en particules, puis, dans un second temps, nous allons exposer la perspective circulaire en tracé de rayon.

Nous allons d'abord définir les paramètres qui vont intervenir dans l'établissement de cette matrice de projection. Le point le plus important est ici ce que l'on appelle la cible ou *aim*. Celle-ci définit la direction de visée. Ce point et l'œil déterminent l'axe des z . Il se trouve donc située sur l'axe z dans le repère de l'œil. Ici la cible va être utilisée comme centre de rotation d'un ensemble d'axes parallèles à l'axe des x . On donne au point de cible les coordonnées $A(x_A, y_A, z_A)$ et on suppose que l'écran est à une distance d de l'œil.

Dans les coordonnées de la cible, les points sur l'axe des x positionnés sur le cylindre de rayon $(z_A - d)$ vérifient l'équation:

$$y^2 + z^2 = (z_A - d)^2$$

L'œil aura une rotation autour de l'axe des x centré sur la cible, proportionnel à la distance en z du point à la cible. Ainsi, si le point M est à une distance d de la cible en z , l'angle de rotation ω de l'œil est de 0° , si le point M se trouve en z_A , l'angle de rotation ω de l'œil peut être de 90° [sch.15].

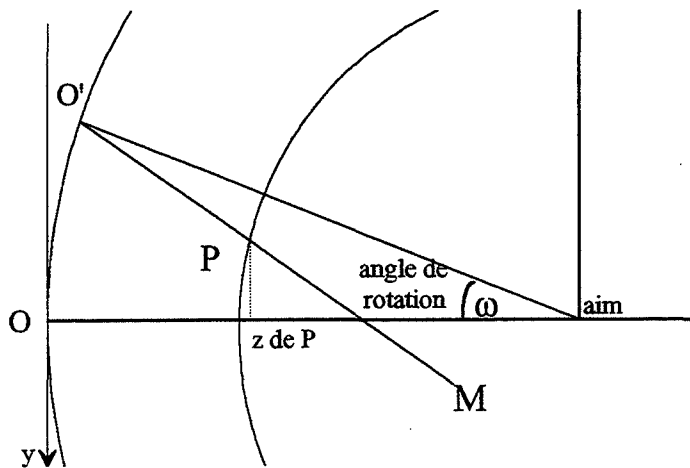


Schéma 15

Principe de projection et de rotation de l'œil.

Soit un point M de coordonnées (x_M, y_M, z_M) . On recherche son projeté P par l'intersection du cylindre et de la ligne passant par M et l'œil, O' , dans sa nouvelle position dépendant de la valeur de z_M définie en fonction de l'angle de rotation ω . Les différentes coordonnées de l'œil seront:

$$O'(0, \sin \omega \times z_A, z_A - \cos \omega \times z_A) \text{ avec } \omega = \frac{z_M - z_E}{z_A - z_E} \times \frac{\pi}{2}$$

où z_E est la coordonnée en z de l'écran.

Le projeté de M , soit P , appartient à la droite MO' , définie par l'ensemble des points $M + \lambda \overrightarrow{ME}$ dont les coordonnées sont:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_M \\ y_M \\ z_M - z_A \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} x_M \\ y_M - z_A \sin \varpi \\ z_M - z_A + z_A \cos \varpi \end{pmatrix}$$

L'intersection P du cylindre et de la droite est trouvée grâce à la résolution de l'équation du second degré:

$$(z_A - d)^2 = [y_M + \lambda(y_M + z_A \sin \varpi)]^2 + [(z_M - z_A) + \lambda(z_M - z_A + z_A \cos \varpi)]^2$$

Cette équation présente deux solutions; nous choisissons la solution avec $\lambda > 0$, car elle retient le point le plus proche de l'œil. Par ailleurs, le point P , projection de M , se situe sur le cylindre. Celui-ci va être ensuite déroulé pour revenir au plan écran [sch. 16].

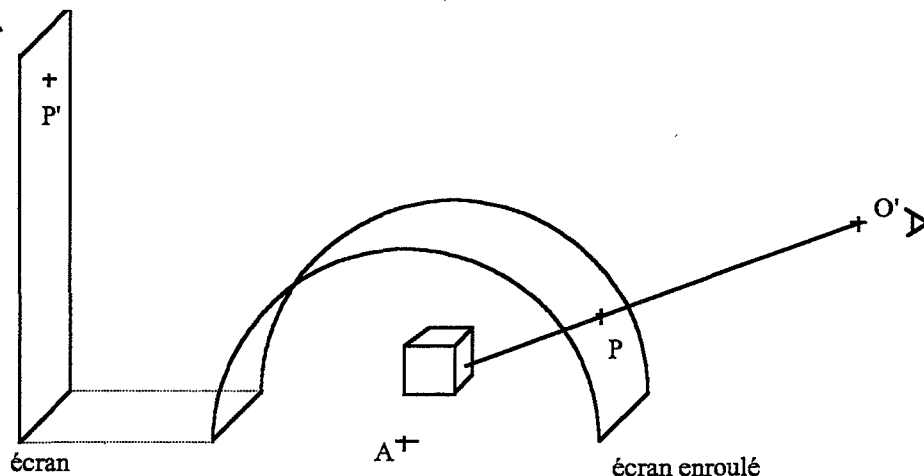
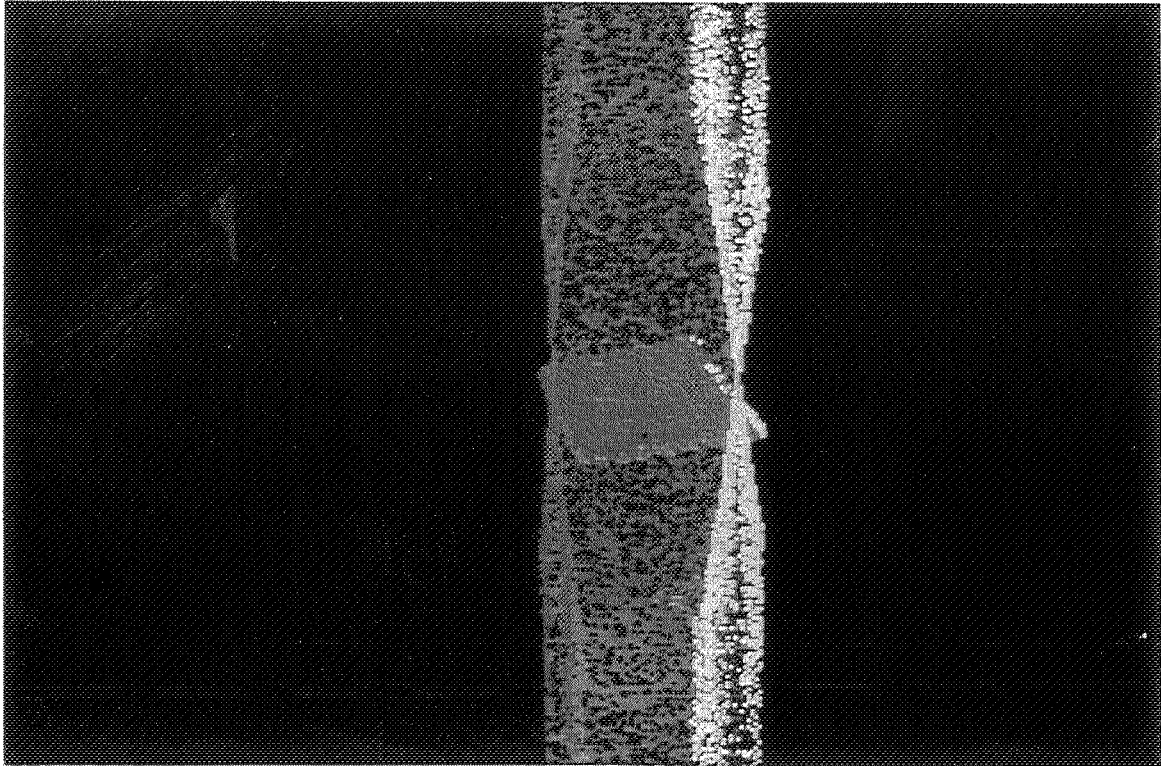


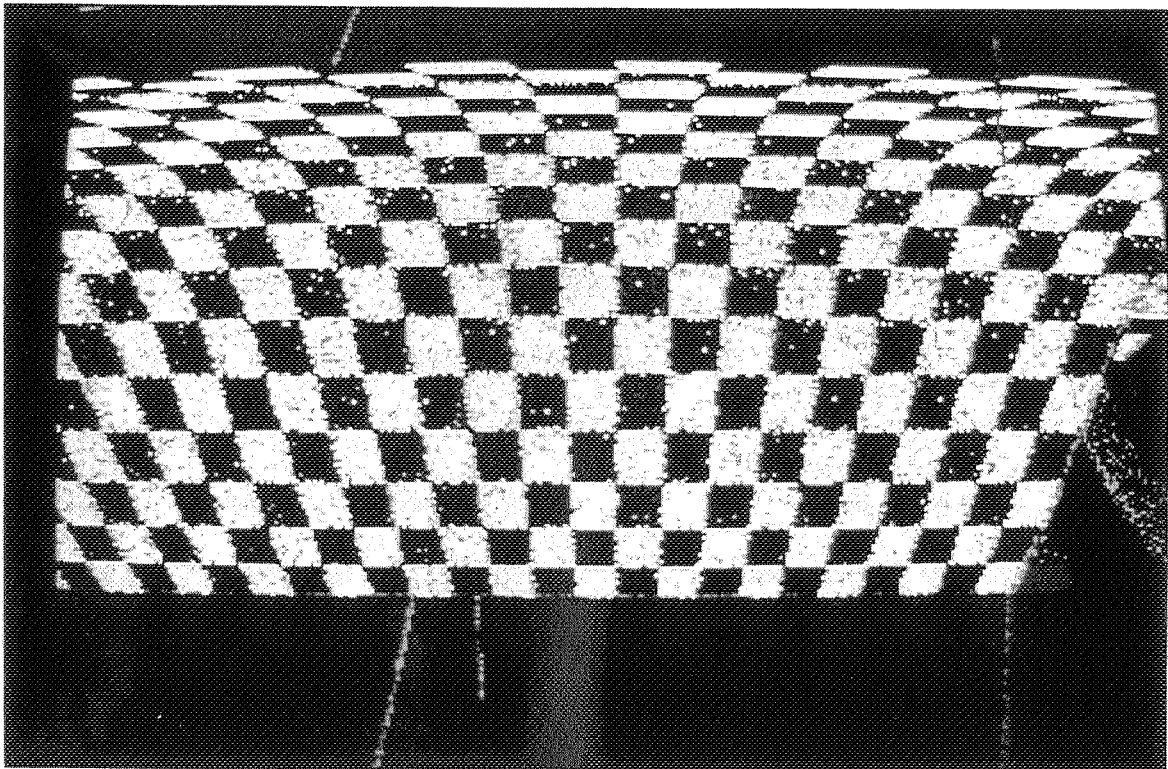
Schéma 16
Notion d'écran circulaire

Perspective circulaire méthode du z-buffer



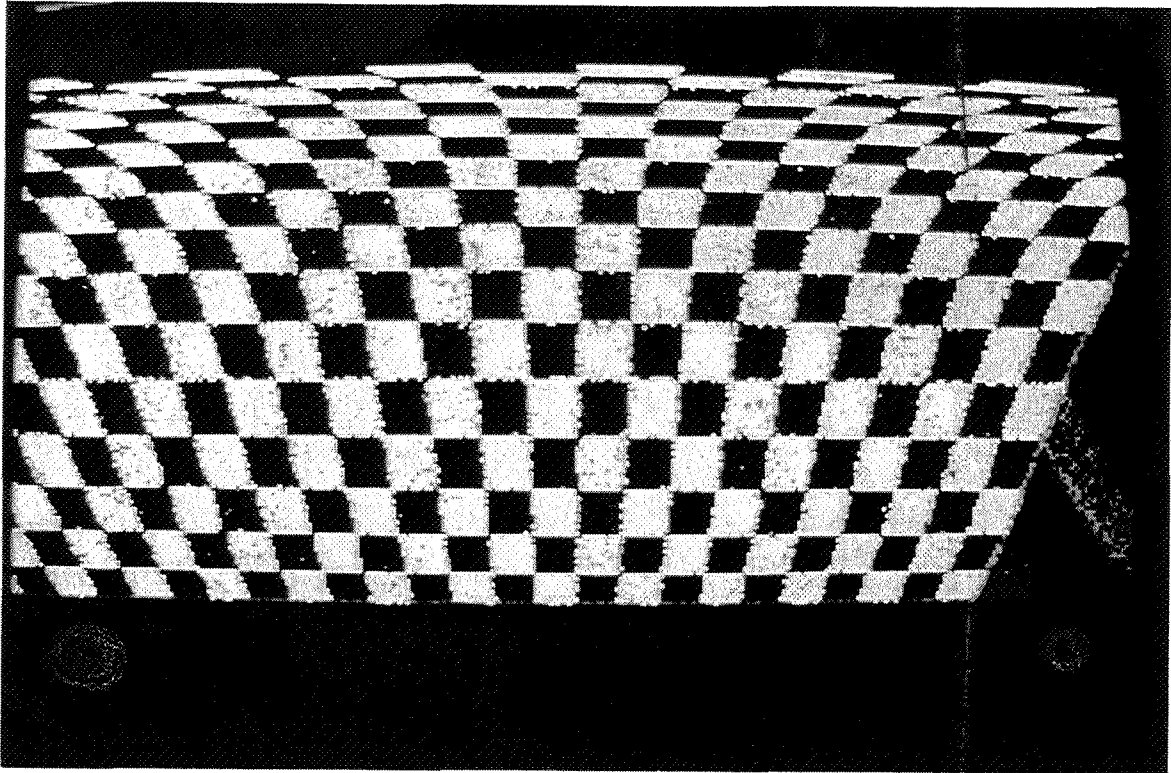
Exemple 14

Cube en projection circulaire avec la méthode du z-buffer.



Exemple 15

Scène poutre-carrelage avec une projection circulaire.



Exemple 16

Scène poutre-carrelage avec projection hémicirculaire.

• *Perspective circulaire avec la méthode du z-buffer*: observations et analyse.

L'image enroulée sur elle-même a perdu toute notion de haut, de bas, de au-dessus et d'en-dessous. Elle se présente sous tous ses angles. Par rapport au modèle référencé, qui est celui du Cubisme, on peut noter une certaine analogie avec l'objet qui se déconstruit pour s'enrouler sur lui-même et livrer des faces nouvelles. Dans sa déconstruction spatiale, il se révèle sous un nouveau jour, où le basculement des différents éléments brouille les repères spatiaux. Néanmoins l'aspect déambulatoire présent dans les représentations cubistes est complètement occulté par la mécanique de projection. Il n'y a pas cette ponctualité et irrégularité du regard qui parcourt l'objet en s'arrêtant tantôt sur un détail, tantôt sur un autre.

• *Perspective circulaire en tracé de rayon.*

En tracé de rayon, la perspective circulaire est différente puisque la position du point dans le monde ne peut intervenir sur le positionnement de l'œil. Mais de la même façon, l'œil se déplace de façon circulaire sur un axe enroulé autour de l'axe des x . Les paramètres d'ouverture vont déterminer l'espace balayé en x par l'angle d'ouverture en largeur α , et l'angle d'ouverture en y va permettre de déterminer l'enroulement δ .

L'œil va se déplacer sur l'arc de cercle appartenant au plan Oyz où $X=0$ (dans le repère de l'œil) et centré en A (la cible). L'angle de déplacement de l'œil sera obligatoirement inférieur à δ . La direction de visée se situe sur un segment parallèle à l'axe des x , passant par A, centré en A et de largeur $2d\tan\alpha$ où d est la distance entre le point de vue et le point de visée [sch.17].

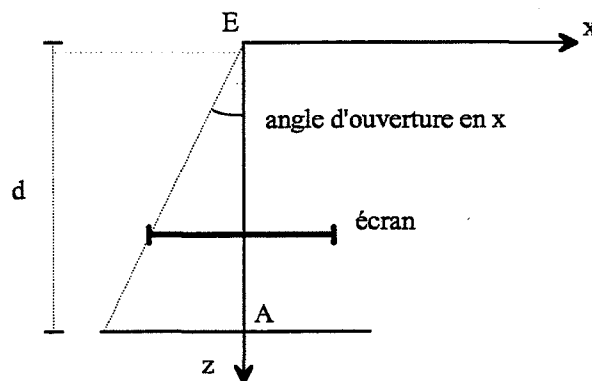


Schéma 17

Direction de visée en tracé de rayon.

Comme dans la méthode du z-buffer, l'écran est assimilé à un cylindre ou une portion de cylindre qui sera ensuite déroulé. Par contre, le rayon lancé de l'œil vers le monde ne se fera

pas en fonction de la position du point dans le monde, mais en fonction de la position du pixel.

Soit un point P à l'écran de coordonnées (x_p, y_p) , et ϖ l'angle $x_p \delta$, et A_p le point de visée pour P. L'œil va avoir pour position:

$$(0, d \sin \varpi, d(1 - \cos \varpi))$$

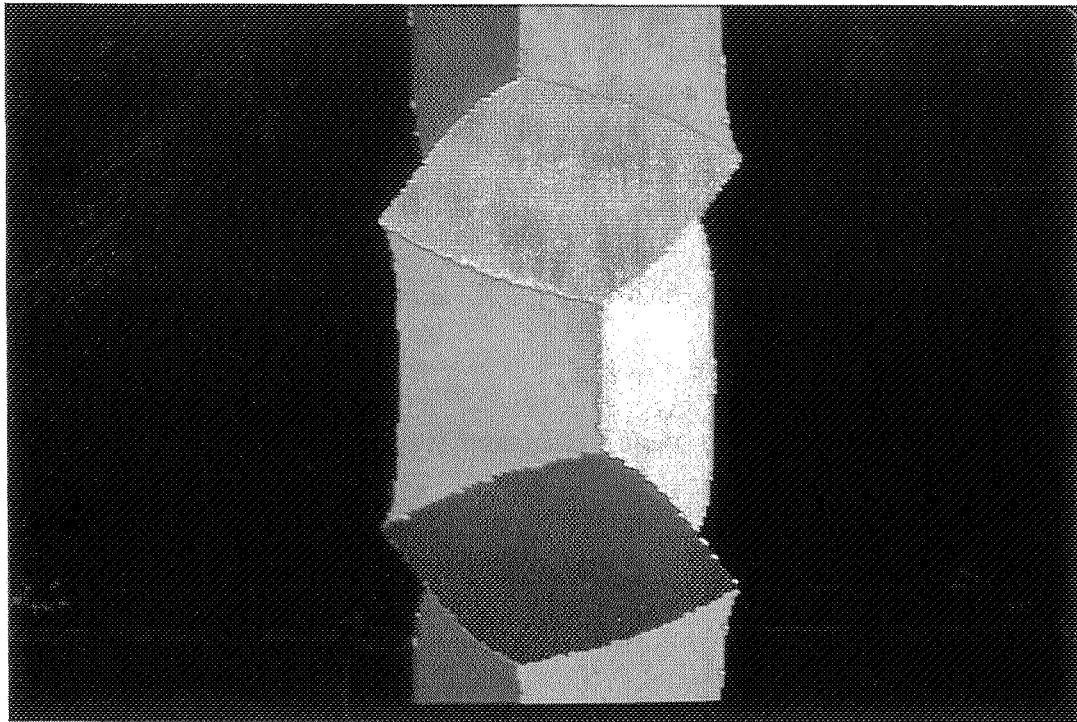
(nous pouvons remarquer ici que le déplacement de l'œil est identique à celui de la méthode du z-buffer), et comme direction de visée le point A_p de coordonnées $(y_p d \tan \alpha, 0, d)$. C'est à ce niveau que nous pouvons noter la différence entre le tracé de rayon et la méthode du z-buffer.

La cible dans le tracé de rayon, dépend du point P de l'écran par y_p . Nulle part n'apparaît la position du point M dans le monde. Celui-ci ne peut intervenir dans la méthode du tracé de rayon.

• *Perspective circulaire en tracé de rayon: observations et analyse.*

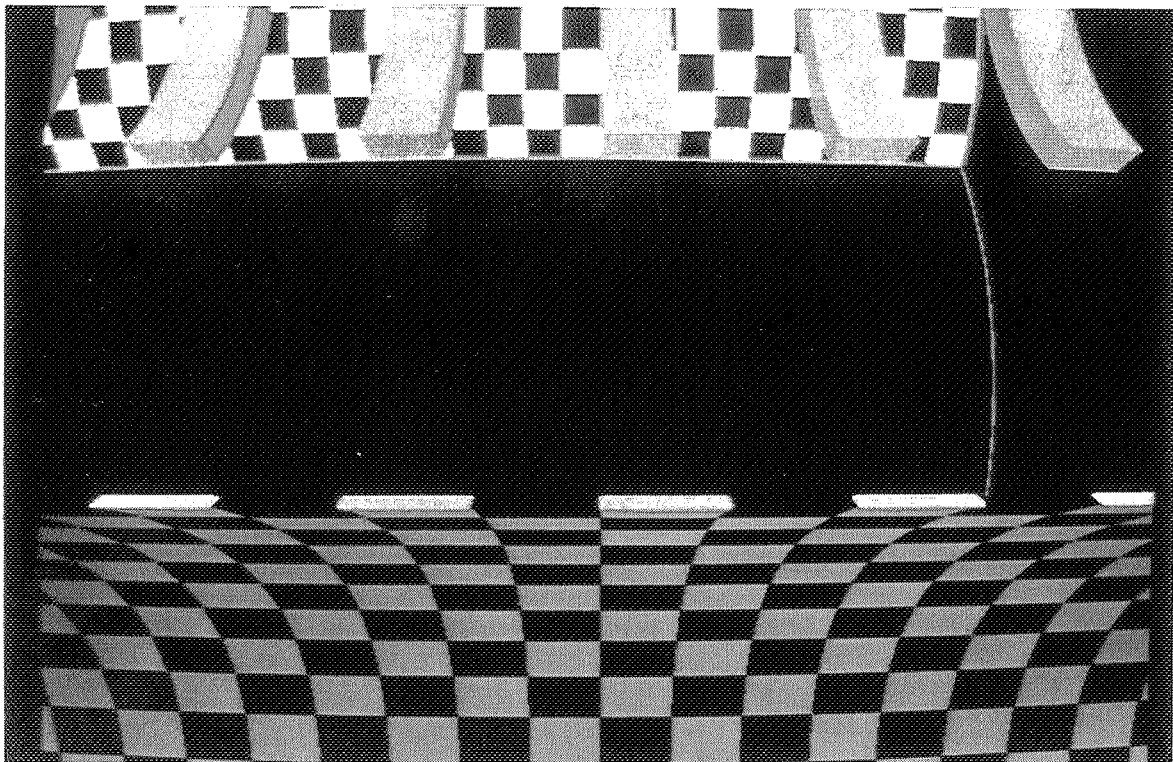
Le résultat par la nature même du rendu utilisé est très différent de celui que nous avons pu observer avec la méthode du z-buffer. Dans l'exemple du cube, celui-ci se révèle sous toutes ses faces, avec une continuité des faces extrêmes renvoyées à l'opposé de l'image. Dans une scène plus complexe, nous pouvons constater une inversion des objets à partir du moment où ils se placent derrière la direction de visée. La déconstruction de l'espace paraît ici plus proche de celle réalisée par les peintres cubistes. La face, le profil, le devant et le derrière des objets sont emmêlés les uns dans les autres. Néanmoins, nous pouvons constater la même empreinte mécanique du modèle de projection qui induit une régularité de construction importante au sein de l'image.

Perspective circulaire en tracé de rayon



Exemple 17

Cube en projection circulaire avec le tracé de rayon.



Exemple 18

Scène poutre-carrelage avec la projection circulaire en tracé de rayon.

5.2.8.2 *Perspective boulique.*

Ainsi que nous avons pu l'observer au cours du chapitre précédent sur la perspective circulaire, il s'agit d'un principe d'enroulement relativement limité autour de l'objet. Certaines parties de celui-ci, par la nature même de l'appartenance géométrique de l'écran, ne sont pas explorées. Or, l'un des principes du Cubisme est une perception multiple et englobante de l'objet. Dans l'esprit de cette globalité, l'idée d'œil total et absolu a été développée. Le principe de base de la perspective boulique consiste à embrasser sur une seule image tous les points de vue d'un objet à 360° quelle que soit la direction de rotation de l'œil, rotation centrée sur la cible.

Pour présenter les différents systèmes de projection mis en œuvre, nous allons nous appuyer sur la chronologie des travaux. La perspective boulique implantée dans un premier temps sur le tracé de rayon, puis dans un second temps avec la méthode du z-buffer, se présente sous une forme radicalement différente.

La perspective boulique implantée en tracé de rayon, a été classée par Marc Roelens, dans la catégorie des perspectives convergentes⁹⁷. Cette qualification attribuée également à la perspective circulaire du tracé de rayon, provient des caractères spécifiques de chacune de ces projections. En effet, dans la perspective hyperbolique ou la perspective à chevron, la mobilité de l'œil dépendait d'un point sur l'écran, et la direction de visée n'intervenait pas dans le déplacement de l'œil. Dans ces projections, il s'agit de l'observation d'un point unique à partir de plusieurs points de vue.

⁹⁷ Voir thèse de Marc Roelens, chapitre 6.2.5. *Perspectives convergentes.*

Avec la méthode du tracé de rayon, la perspective boulique s'appuie sur trois éléments essentiels: le point de visée, ou la cible A , situé au centre d'une sphère S que l'on va assimiler à l'écran, et l'œil

L'écran se transforme donc, dans ce cas de perspective, en une boule de cristal. Les images projetées sur cette boule, de forme peu orthodoxe pour les écrans plats de nos moniteurs, vont être dépliées selon un système de projection en latitude et longitude. La sphère va être décomposée comme un globe terrestre, tranchée dans sa hauteur par les longitudes ou méridiens, ciselée dans son épaisseur par des latitudes ou parallèles. Mais comme nous l'avons vu plus haut, le tracé de rayon effectue un parcours inverse à la lumière. Cette inversion du cheminement de projection nous oblige par conséquent à partir de la planéité de l'écran, que l'on va ensuite "bouler" pour construire l'image. De ce fait, à chaque point de l'image sont assignées une latitude et une longitude. Par convention, le centre de l'écran a une latitude et une longitude nulle; les latitudes définies dans la largeur de l'écran, les longitudes dans la hauteur, avec une latitude maximale pour le bord droit l_{max} , l'opposé de cette latitude maximale pour le bord gauche, une longitude maximale pour le bord supérieur L_{max} , et son opposé pour le bord inférieur de l'écran. Les angles de latitude et de longitude limites sont les paramètres de la projection, déterminant l'angle d'ouverture de la projection.

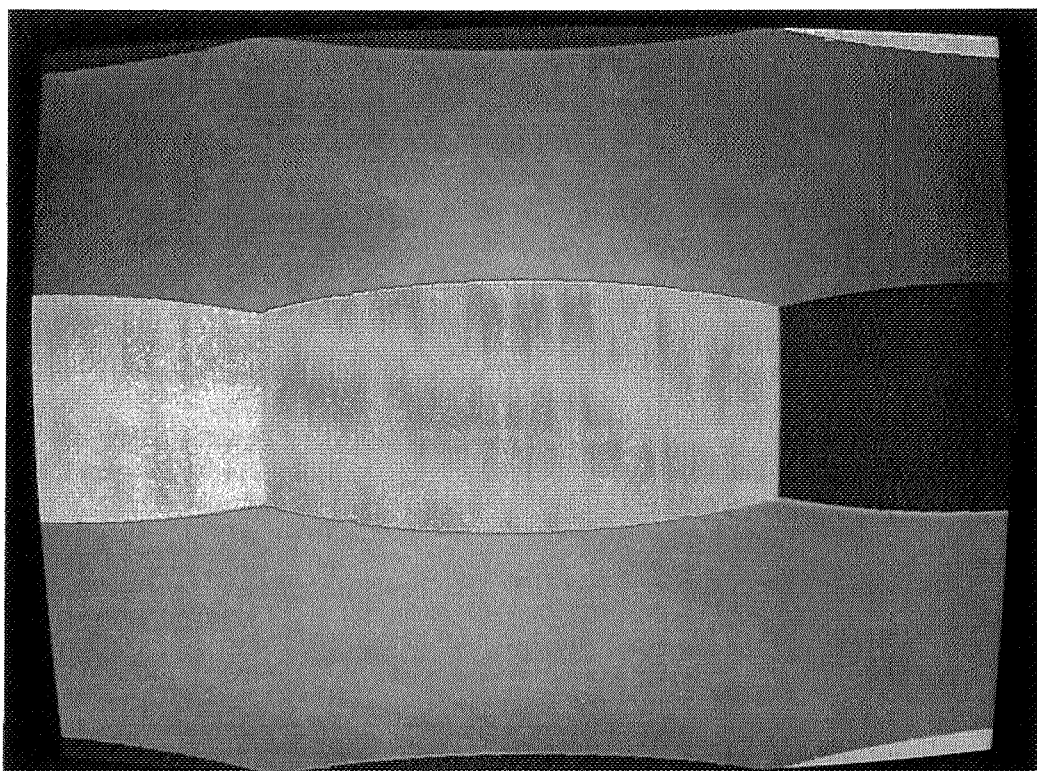
Ces conventions étant établies, pour un point de l'écran (x_p, y_p) , on calcule sa longitude et sa latitude, déterminées par l'interpolation linéaire entre les l_{max} et L_{max} définies sur les bords de l'écran. L'œil est alors placé sur la sphère au point indiqué par ces latitudes et longitudes.

Parmi les observations et anticipations purement logiques découlant du système de projection, nous pouvons établir que tout objet présent à l'intérieur de cette sphère est visible sous toutes ses faces. Par ailleurs, si celui-ci se trouve placé derrière la cible, il est vu à l'envers sur l'image. Enfin, dans le cas où $L_{max} > 90^\circ$, on obtient des lignes horizontales de couleurs uniforme, qui correspondent à la couleur vue en regardant l'un des pôles. En effet, à partir de 90° , le pôle qui est un point, se transforme en une ligne balayant la totalité de la largeur de l'écran.

• *Perspective boulique en tracé de rayon*: observations et analyse.

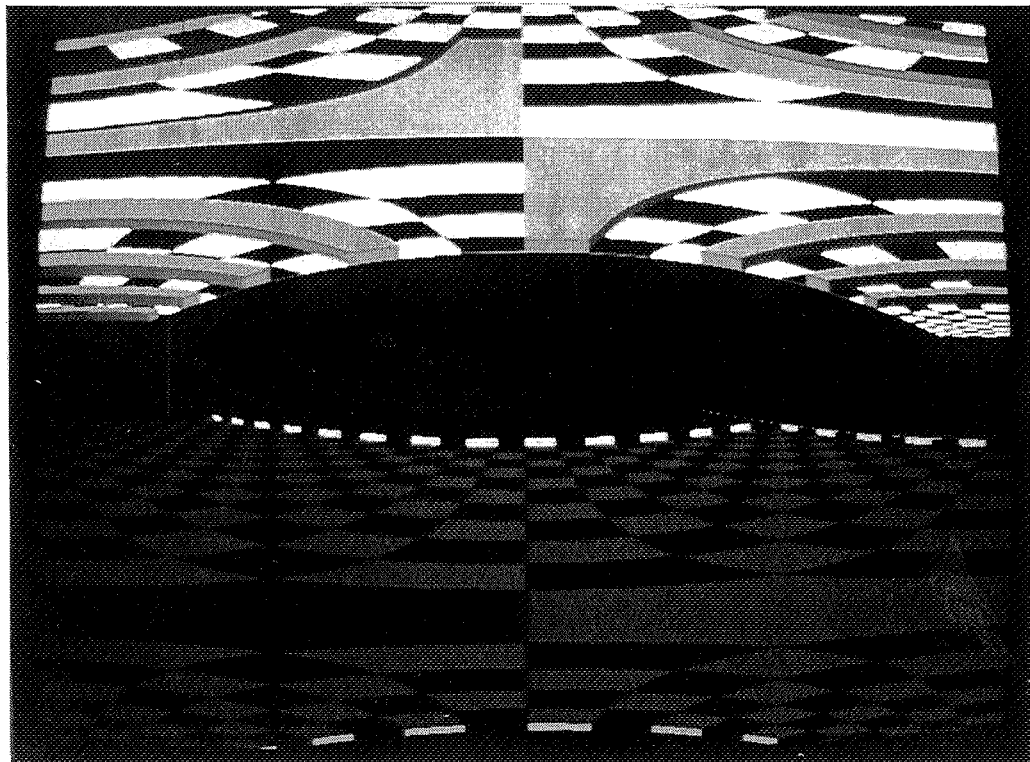
Selon l'angle d'ouverture utilisé pour réaliser une projection boulique, nous pouvons remarquer une sinusoïde cyclique qui apparaît. Ce cycle est l'une des marques importante de ces images. Néanmoins, la perturbation spatiale qu'implique ce style de projection est assez intéressante au niveau de l'image. Les repères ont plus que disparu. L'image se dessine, et invite à un jeu de découverte et de reconstruction de l'objet initial. Le jeu qu'induit ce type d'image me semble également proche, conceptuellement parlant, du Cubisme. La fluidité de l'image et la séquentialité des objets présents est assez particulière et la régularité rythmique que pourrait entraîner le cycle sinusoïdal des objets est en partie brouillé par le rapport spatial complexe qu'entretiennent les différents éléments de l'image entre eux.

Perspective boulique en tracé de rayon.



Exemple 19

Cube en projection boulique en tracé de rayon.



Exemple 20

Scène poutre-carrelage en projection boulique en tracé de rayon.

Perspective boulique avec la méthode du z-buffer.

La perspective boulique est tout à fait différente dans son principe avec la méthode du z-buffer. Il s'agirait en fait d'une extension de la perspective circulaire exposée dans le chapitre 5.2.7 [voir chapitre 5.2.7. p.244]. La position de l'œil dépendra de la position du point dans l'espace. Mais cette nouvelle position de l'œil se fera non seulement en fonction de la coordonnée en z du point M , comme dans la perspective circulaire, mais aussi en fonction de la coordonnée en x de ce point où $\tau = f(z_M)$ et $\delta = f(x_M)$ [sch.18].

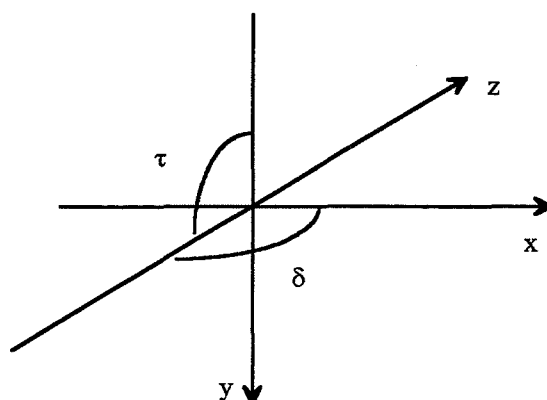


Schéma 18
Angles de rotation de l'œil.

Le point P, projeté de M, appartiendra donc à une droite passant par O', nouvelle position de l'œil après rotation de τ autour de l'axe des x et de δ autour de l'axe des y , mais aussi à une sphère de projection de rayon $R = \text{distance}(\text{cible-œil})$.

Le point P intersection de la sphère S et de la droite O'M, sera trouvé grâce à la résolution de l'équation du 2^d degré établie dans le repère de la cible:

$$[x_M + \lambda(x_0 - x_M)]^2 + [y_M + \lambda(y_0 - y_M)]^2 + [z_M + \lambda(z_0 - z_M)]^2 = R^2$$

De la même façon que dans la perspective circulaire, on retient la solution avec $\lambda > 0$.

Puis la sphère va être déroulée selon le même principe de parallèles et de méridiens exposés dans la perspective boulique en tracé de rayon. La sphère est dans un premier temps projetée sur un cylindre, qui est ensuite déroulé en plan [sch.19].

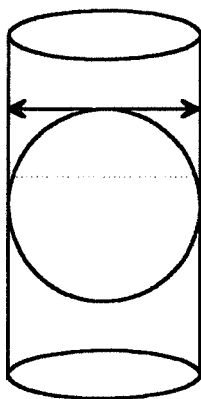
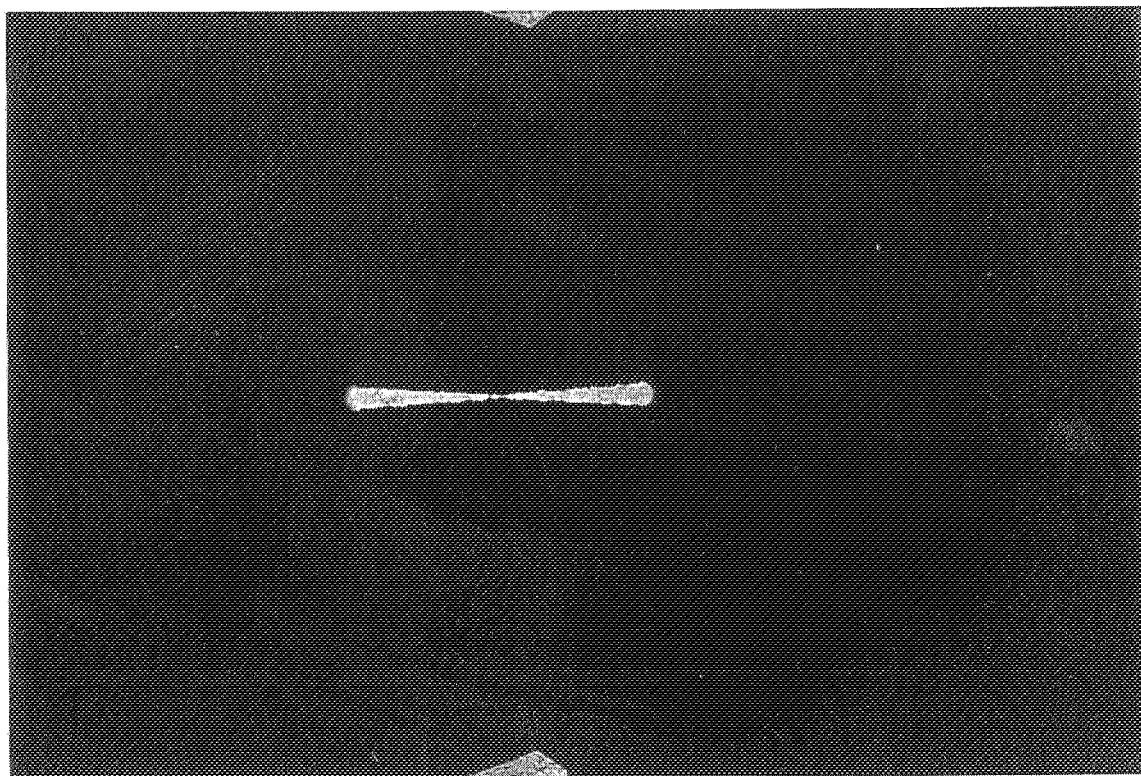


Schéma 19

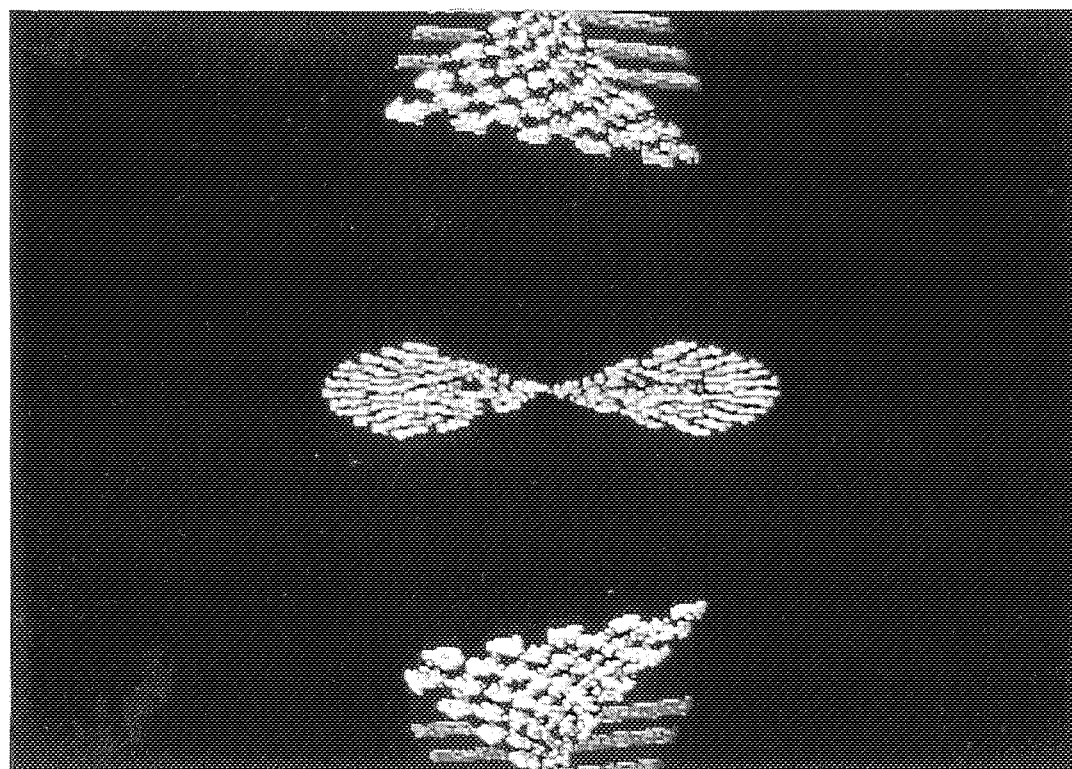
Projection des pôles, développement de la sphère.

Perspective boulique avec la méthode du z-buffer



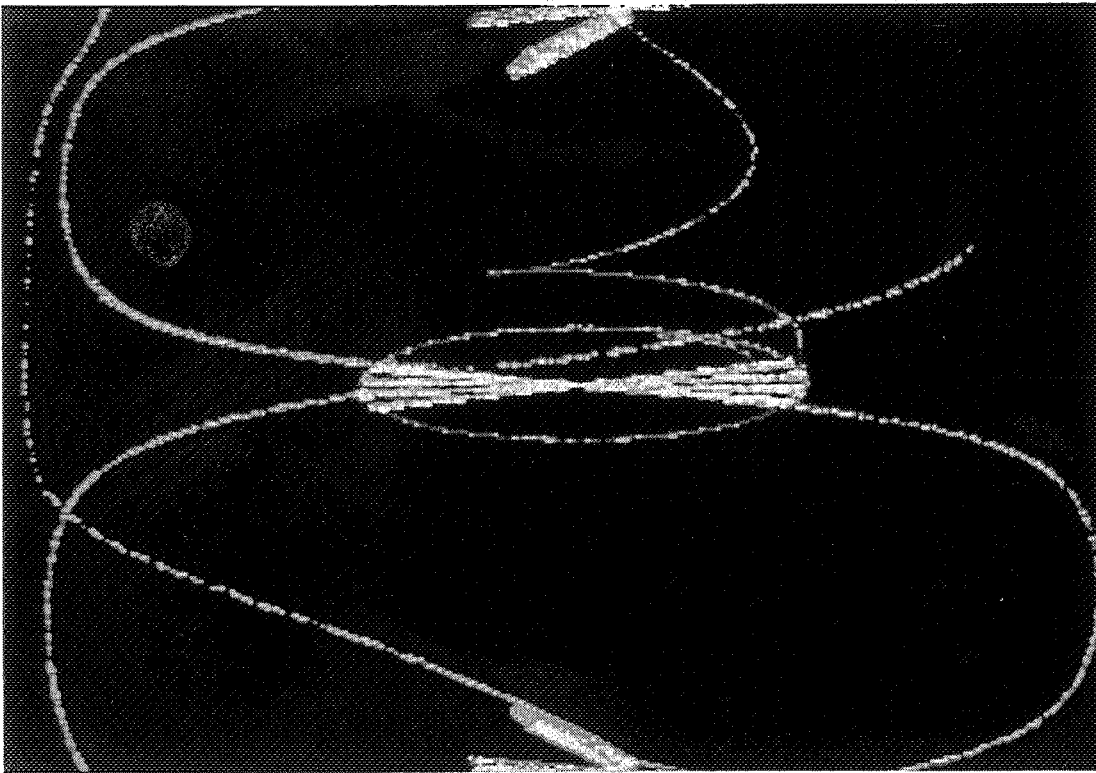
Exemple 21

Cube en projection boulique avec la méthode du z-buffer.



Exemple 22

Scène poutre-carrelage en projection boulique avec la méthode du z-buffer.



Exemple 23

Scène poutres en projection boulique avec la méthode du z-buffer.

- *Perspective boulique méthode du z-buffer*: observations et analyse.

Dans ce type de projection, nous nous sentons assez loin du concept cubiste qui l'a initialisée. En effet, l'objet est dans un premier temps tordu sur lui-même, puis aspiré dans une spirale verticale. Le Cubisme, qui est une fragmentation de l'espace spatio-temporel, est pris ici dans un continuum temporel qui n'est pas sans rappeler les réalisations de Zbigniew Ribczynsky, et plus particulièrement son film, *La quatrième dimension*. La fragmentation de l'espace est absente, il y a continuité.

5.2.9 Propositions et développements.

Le but initial d'intégration de modèles projectifs issus de la *perspectiva naturalis* et du Cubisme est-il atteint?

Nous avons pu voir dans ce chapitre que chaque système de projection mis en place se réfère à l'une des spécificités des modèles initiaux, excluant par l'intégration de cette spécificité, les autres particularités du modèle. Nous n'avons pu, dans un système projectif, intégrer l'ensemble des contraintes relevées dans chacun des modèles. Cependant, je souhaiterais exposer ici une réalisation possible de projection cubiste, qui ne s'appuierait plus sur un système projectif monotone, mais sur un système de synthèse projective dynamique.

Ce système de synthèse projective dynamique serait basé sur le mixage ou le mélange, mathématiquement défini, d'une somme de points de vue. Comme le Cubisme, qui se caractérise par la synthèse d'une trajectoire déambulatoire autour de l'objet, l'œil et la cible auraient des coordonnées couplées déterminant différents points de vue, tous contrôlés. Ces images seraient réalisées, numériquement parlant, par une projection conique. Puis un algorithme de mixage numérique devrait permettre de ne conserver au sein de l'image que l'ensemble des objets recensés à une distance maximale d_{max} de l'œil. Un effet d'estompe par le depth-cueing au niveau de la coloration des pixels issus d'une pigmentation générée par un objet à une distance supérieure à d_{max} serait mis au point pour ne pas avoir un clipping brutal. Au niveau de la réalisation de l'image finale issue de ce mixage numérique, deux options pourraient être mises en œuvre.

L'une qui nécessiterait une identification de l'objet en tant que tel, et non plus décomposé en éléments numériques discrets, et qui permettrait de sélectionner l'objet le plus proche de l'œil. Cette notion de proximité de l'œil entraînerait la prise en compte d'une autre approche des calculs, qui déterminerait la longueur du rayon entre l'œil et l'objet.

L'autre ne s'intéresserait qu'aux rayons œil-objet, et ne retiendrait que les rayons les plus courts, déterminant ainsi la couleur du pixel par l'objet rencontré en d_{min} . Cette deuxième solution risquerait, me semble-t-il, de générer des images, plastiquement parlant, non construites, issues d'une mosaïque colorée tout à fait anarchique.

Dans la première proposition, la cohérence formelle de l'objet serait conservée, permettant la génération d'une image synthèse des sensations formelles d'une déambulation dans un espace en trois dimensions.

Un tel modèle est tout à fait réalisable. Cependant, dans le cadre d'un modèleur non interactif, il me paraît difficilement exploitable. En effet, une interface graphique pourrait permettre au spectateur de générer l'image globale qu'il peut voir d'un espace en déterminant une somme de points de vues laissés à son libre arbitre, mais de façon interactive. Ses déplacements dans l'espace seraient ensuite retenus, puis, par le calcul numérique de chaque image et la comparaison de ces résultats, il pourrait ainsi obtenir l'image cubiste qu'il a des lieux.

EXPLORATION PLASTIQUE DES MODELES.

Lors d'une réalisation plastique, deux options essentielles se présentent: l'une en images fixes, l'autre en images animées. Dans le monde de la synthèse d'image, ces deux options de présentation sont à part pratiquement égales. Il est évident que le choix de l'un de ces modes de présentation reflète l'orientation de la recherche.

Le travail que je viens de présenter se situe au carrefour d'une rencontre avec l'histoire et d'une projection de cette histoire dans le futur des technologies et le néant des calculateurs. Avant tout référée à une analyse de peintures, images fixes sur des tableaux, il m'a semblé indispensable qu'une partie de la réalisation plastique soit présentée sous cette forme.

Cependant, les modèles intégrés sous forme de matrices de projection dans les modeleurs, ont généré des images à l'esthétique pour le moins curieuse. La maléabilité de

l'image et les possibilités d'animation ont été trop intrigantes pour ne pas être développées sous forme de film. Cette partie importante du travail présenté peut sembler fort éloignée des modèles de l'histoire de l'Art et de la problématique exposée dans cette thèse. Mais il m'a semblé intéressant de confronter les modèles implantés sur le modeleur avec le modèle projectif classique reconnu comme réaliste. Ceci permet d'éprouver, me semble-t-il, la pertinence de ces modèles et leur intégration ou leur non-intégration au regard d'un modèle habituel.

6.1

IMAGES FIXES.

La référence au tableau, au musée, à l'exposition qui a été à la base de toute la recherche effectuée sur les modèles "réalistes" me paraît l'une des raisons essentielles de la présentation incontournable, sous forme d'images fixes, d'une des parties des travaux plastiques réalisés.

6.1.1 Choix des scènes.

Dans le cadre des recherches, une grande partie de l'attention a été portée sur le modèle de la *perspectiva naturalis*, qui est le modèle présent pendant une partie très importante de l'histoire de l'Art. La prédominance de ce modèle a certes été l'un des vecteurs essentiels dans le choix des scènes présentées[voir Annexe B].

La scène avec les colonnades de part et d'autre d'un carré vert, se refermant sur une allée de colonnes reliées par des poutres transversales, fait référence à l'antiquité et aux modèles des architectures grecques.

Les deux autres scènes s'inspirent des peintures du Trecento. En effet, de nombreuses peintures sur lesquelles je me suis appuyée présentent des scènes champêtres avec un château

toujours perché quelque part sur un rocher. Il est par ailleurs curieux de constater que la plupart du temps, ces châteaux présentent un nombre impair de tours. C'est donc dans la réalisation d'une scène reprenant les éléments souvent présents du château, du rocher et de la forêt que j'ai voulu intégrer les modèles de projection mis en place.

Une troisième scène renvoie quant à elle directement au contexte architectural d'un tableau où la *perspectiva naturalis*, avec toutes ses imperfections est très présente. Le *Maître Autel de la collégiale de St Martin* de Colmar, réalisé par Gaspard Isenmann [voir figure 44 p.216], m'a semblé significatif par les éléments mesurés qui le composent et par le camouflage des zones insolubles dans leur construction graphique, par des personnages.

Il sera possible de remarquer que la particularité des modèles que nous avons pu analyser dans la quatrième partie se trouve curieusement détournée dans le cadre d'une scène complexe, et que le résultat, esthétiquement parlant est de façon générale fort éloigné du modèle initial. Cependant l'utilisation de la méthode du z-buffer à l'aide de particules redonne à l'image ses références moyenâgeuses. La fragmentation de l'image en touches de couleurs rappelle étrangement la tapisserie, voire le canevas.

L'appartenance des images en particules aux images de synthèse peut sembler déconcertante, car il est vrai que l'habitude veut que les images de synthèse soient des images lissées aux effets de specularité, reflets, miroirs, éclairages et transparences complexes. Ce sont généralement des images proches des images photographiques ou télévisuelles. Le détournement essentiellement pictural qui est réalisé ici ramènerait l'image de synthèse dans un cadre muséal. Les particules reflètent une nouvelle construction de l'image, un rapport direct

dans le cadre d'une projection mathématique. Une discrétisation de l'image loin du bruit et des performances technologiques et mathématiques des algorithmes de rendu.

6.1.2 Contraintes d'ordre technique.

Nous avons pu observer dans le chapitre 5.2.4.2. *La méthode du z-buffer*[p.221], que contrairement à l'utilisation classique, nous n'avons pu, dans le cadre de nos projections, utiliser des polygones. Ceci suppose donc l'exclusion de l'intégration de l'arbre CSG. Par conséquent, il est impossible, lors de la réalisation d'image, de faire appel à des opérations booléennes, type intersections ou différences. Tout objet, défini dans ses trois dimensions ne peut avoir sa forme modifiée par l'inclusion ou l'exclusion d'un autre objet.

Ainsi, toute primitive doit être exploitée dans un registre spécifique ne faisant appel qu'à des modifications du type affinité, translation, rotation. D'autre part, les objets générés en particules ont une identité spécifique; nous n'avons pour l'heure installé dans le cadre de ces modèles, que le cube. Toutes les scènes présentées sont donc générées avec pour seule primitive le cube. Ces quelques explications sur l'outil impliquent l'impossibilité de réaliser des corps complexes comme ceux présentés dans les peintures pour masquer les zones d'incertitude et l'insolvabilité. Par ailleurs, une telle technique nécessiterait un travail d'incrustation entre un personnage issu d'un modèle de projection de type brunelleschien et une scène (paysage ou architecture) représenté à l'aide d'un modèle issu de la *perspectiva naturalis*.

La dernière contrainte imposée par ces modèles de projection est directement liée au choix de la projection. Certaines images ont pu être réalisées avec un point de vue semblable.

D'autres, pour des raisons mathématiques d'impossibilité algébrique, ont eu leur point de vue modifié afin de pouvoir "enrober" la scène sous tous les angles de vision définis par l'algorithme de projection.

6.1.3 Résultats plastiques.

Déjà, par la nature même de la modélisation adoptée, ces images se démarquent du reste de la synthèse d'image. Les particules donnent un aspect tout à fait singulier. Par ailleurs, un autre choix esthétique intervient. Il se situe au niveau du choix du nombre de particules par primitive, et au niveau de la taille de réalisation de l'image.

En effet, toute particule a une taille d'un pixel. Si cette particule est dans le cadre d'une image 320*256 elle sera proportionnellement beaucoup plus grande que dans une image de 1280*1024. Par conséquent une image de 320*256 nécessitera un nombre de particules par primitives moins important qu'une image de 1280*1024. Les deux sortes d'image ont été calculées [fig.47 et fig.48].

Esthétiquement parlant, il m'a semblé que la finesse, qui s'apparente à la dentelle, d'une image de 1280*1024 ne répondait pas à l'esthétique et à l'effet recherché de parcellisation marquée de l'image. Le flou et la légère grossièreté que génère une image moins finement définie, puis agrandie, m'a semblé être un parti esthétique plus proche de l'idée moyenâgeuse de l'image.

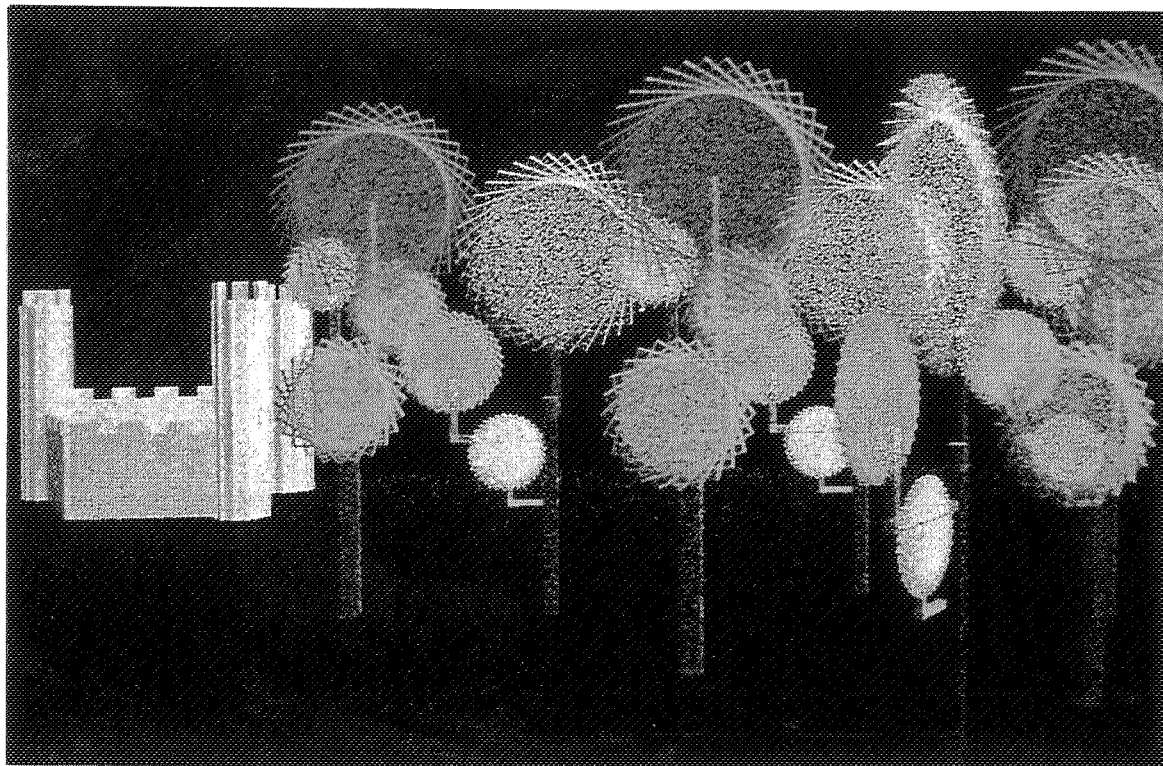


Figure 47

Scène en 1280*1024.

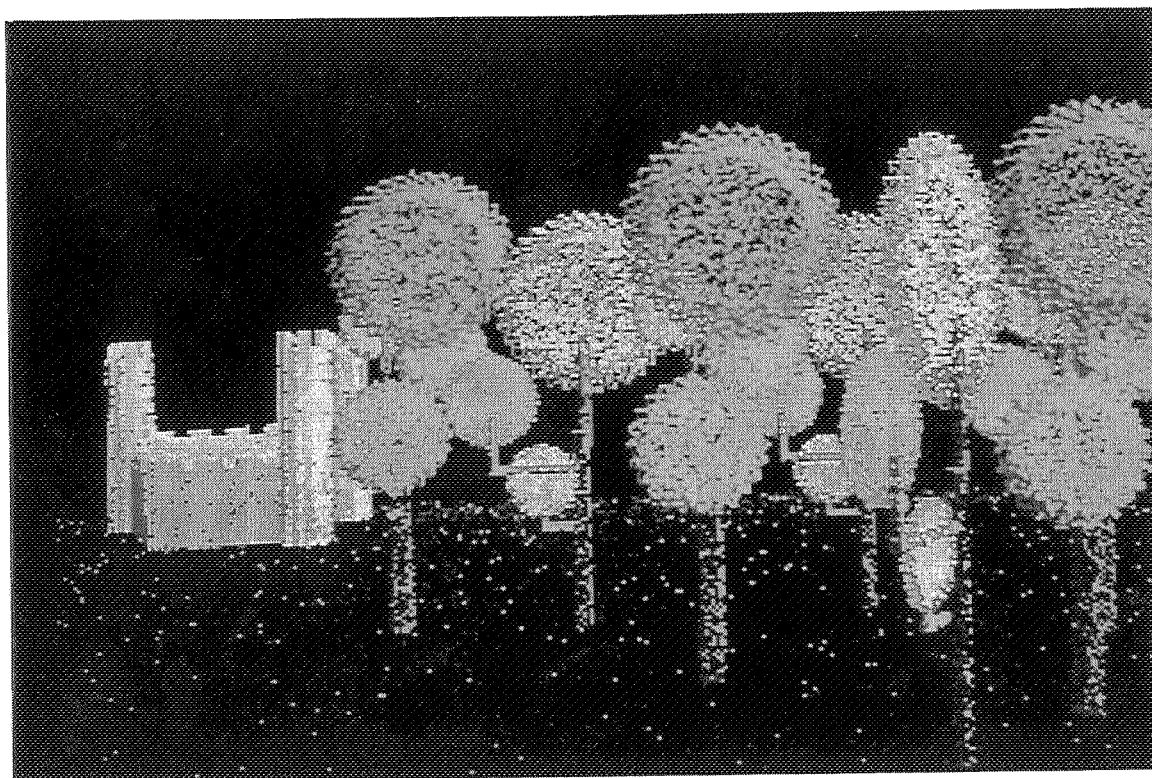


Figure 48

Scène en 320*256.

Le calcul de scènes semblables en tracé de rayon permet de bien cadrer la différence fondamentale de technique qui existe entre ces deux rendus. Par ailleurs, la représentation des effets des différentes projections sur un personnage aussi typé que le castor permet, me semble-t-il, de mieux repérer les effets qu'induisent les divers modèles.

La question qui reste cependant en suspens est celle du réalisme de ces images.

L'image en particules me paraît très intéressante de ce point de vue. Peut-on, lorsqu'on regarde la scène en projection conique, affirmer une quelconque identité réaliste de cette scène?

Une image réaliste ne doit être ni épurée, ni idéalisée. Or, une image en particules générée à l'aide exclusive de cubes n'est-elle pas déjà épurée et idéalisée? Par ailleurs, sa génération par des particules, éléments discrets de modélisation, renforce cette notion d'épuration. Par conséquent, dans le cas présent d'une représentation non réaliste, quelle est la valeur réaliste du système projectif brunelleschien?

Si l'on compare les différentes images, on peut certes dire, qu'avec le modèle brunelleschien, il est très facile de reconnaître par exemple un château perché sur un rocher au devant duquel s'étale une forêt. Il est vrai que si l'on regarde la projection à chevron ou circulaire, voire même boulique, il est délicat de reconnaître ces repères. En ceci, le modèle brunelleschien peut s'affirmer comme réaliste. Cependant, dans le modèle en arête de poisson ou le modèle hyperbolique, il est tout aussi facile de reconnaître le château, le rocher, la forêt. Allons peut être même plus loin, ces éléments dans la projection circulaire, peuvent être également identifiés, mais perdent toute cohérence dans leur rapports spatiaux.

La réalité de l'objet étant conservée à travers son identité, on peut affirmer, avec toute la réserve qui a été exposée dans le chapitre 5.2.1. *Le choix des modèles: la question du réalisme* [voir chapitre 5.2.1. p.206] que le modèle circulaire, extrait du cubisme est un modèle qui peut se réclamer du réalisme.

6.2

PRESENTATION D'UN FILM.

La présentation sous forme de film d'une partie des résultats peut sembler déconcertante. En effet, lors de l'analyse et du développement des questions esthétiques référées au réalisme, il n'a jamais été question d'images animées.

Je vais tenter d'expliquer les raisons du choix de la réalisation d'un film, puis exposer les développements techniques que nous avons dû effectuer pour réaliser, dans le cadre de ce film (visualisé par l'algorithme de tracé de rayon), le passage d'un modèle de projection vers un autre.

6.2.1 Les raisons d'un choix.

L'une des particularités du domaine de l'animation est son appartenance quasiment exclusive au monde photographique. En effet, le film, dans ses débuts, s'est fait par la succession rapide de clichés sur une bobine de film souple. Or, la caméra avec son optique, son objectif, a le même caractère réducteur que l'appareil photographique puisqu'elle réduit le point de vue à un point de vue unique et ponctuel. On ne peut parler ici de l'immobilisme, car toute caméra peut permettre différents effets de trajectoires et de travellings. Nous voyons ici

surgir de façon exclusive la conception brunelleschienne de l'image avec le point de vue unique et le principe de la projection conique.

Il m'a paru intéressant d'intégrer, dans le cadre de ce concept réaliste exclusif les autres modèles de "réalisme", qui n'ont pas, à ce jour, été confrontés à l'animation, mouvement des personnages et des points de vue. Par ailleurs, l'expression dominante de l'image de synthèse s'oriente vers l'animation, ainsi que les différentes options esthétiques de l'image de synthèse nous l'ont montré [voir chapitre 4.2. *Options esthétiques de l'image de synthèse* p.176]. La résistance à l'animation et la cohérence plastique du modèle de projection dans le déroulement temporel d'une scène, m'ont semblé être un bon test pour éprouver les modèles mis en œuvres.

Cependant, est-ce que la question du réalisme dans le cadre d'une semblable réalisation est conservée?

Il est délicat dans le cadre d'une réalisation en images de synthèse, de se référer à une réalité et à un réel. A plus forte raison lorsque les objets présentés sont très éloignés conceptuellement et esthétiquement de cette réalité. La fuite dans un univers non réaliste peut permettre de détourner la question du réalisme. Néanmoins, la cohérence des volumes entre eux, dans le cadre, par exemple, de la réalisation d'un personnage, se fait avant toute chose par l'observation d'une vision réaliste au sens photographique du terme. Le réalisme photographique va devenir le code principalement utilisé pour une lecture simple et immédiate de l'image. L'univers présenté va donc s'installer à travers la projection conique. Il s'agirait ici de l'implantation d'un contexte, d'un décor, dans une langue accessible à tous, exempte de toute déviation ou transformation. Une volonté didactitielle va nous permettre de pénétrer dans l'espace des projections nouvelles, en réduisant peu à peu un univers foisonnant de

formes et de couleurs à un seul personnage. Ce personnage, exploré dans sa cohérence physionomique, va devenir la clé d'une transposition. Il va permettre d'accéder à une traduction de l'image. Les différentes projection par lesquelles il va se transformer, projectivement parlant, se réclament toutes, conceptuellement parlant, d'un "réalisme". Cependant, lorsque le personnage effectue ses mutations formelles, peut-on encore parler de réalisme?

Le personnage semble devenir une masse colorée qui se déplace et se transforme de façon souple et flexible. Nonobstant, il garde ses particularités quelle que soit la projection utilisée, sa cohérence formelle et son identité en tant que castor ne sont jamais détruites. Le castor est reconnaissable en tant que tel dans chaque projection; on peut donc dire que gardant son identité, le modèle projectif garde un lien avec le réel qui est, en la circonstance, l'identité du personnage. Gardant un lien avec le réel, il devient donc *une* traduction de ce réel. En tant que traduction, langage de transposition projective, il reflète un certain "réalisme virtuel". Parfois, le personnage est étiré, plié, compressé et déformé, puis il se trouve déployé, dévoilé sous la totalité de ses facettes. Chaque projection donne à voir un aspect de la réalité du personnage. Passé au broyeur des différents modèles de projection, il est le reflet d'un démantèlement géométrique mettant à l'épreuve la cohérence tridimensionnelle des modèles.

Il est vrai que le réalisme auquel je fais allusion ici est fort éloigné du réalisme auquel je me suis référée au cours de ce développement. Mais de quel réalisme peut-on se réclamer dans une réalisation imaginaire d'un espace virtuel?

Le réalisme photographique intervient ici comme traducteur, mais ne peut être porteur d'une valeur réaliste, puisque la réalité présentée n'existe pas. C'est pourquoi il me semble que

déplacées dans un contexte purement imaginaire, se référant néanmoins dans sa cohérence spatiale et ses simplifications formelles, à une réalité, les nouvelles projections intégrées dans le cadre d'un film conservent un caractère réaliste que j'appellerais ici "réalisme virtuel".

6.2.2 Développements techniques spécifiques.

Lorsqu'il y a réalisation d'une image fixe, la question du passage ou de la transposition d'un modèle vers un autre ne se pose pas. Le travail en image fixe rejoindrait les poses de son que doit faire le musicien pour parfaire sa technique instrumentale. Dans le cadre d'une animation, la différence trop marquée des modèles serait au cœur de brutales ruptures entraînant une incohérence cinématographique du scénario. Par ailleurs, le passage nuancé et évolutif d'un modèle de projection vers un autre me paraît révélateur de la structure sous-jacente de ce modèle par la mise en place progressive de son architecture projective.

La réalisation technique de semblables articulations s'est faite par l'inclusion et l'insertion dans ce basculement de nouveaux modèles que l'on pourrait appeler de transition.

6.2.2.1 Interpolation du modèle conique au modèle circulaire.

Il convient avant toute chose d'analyser la direction et l'orientation des rayons qui construisent une projection conique. Tous ces rayons partent d'un même et unique point défini par l'œil et passent à travers un plan (l'écran) [sch. 20].

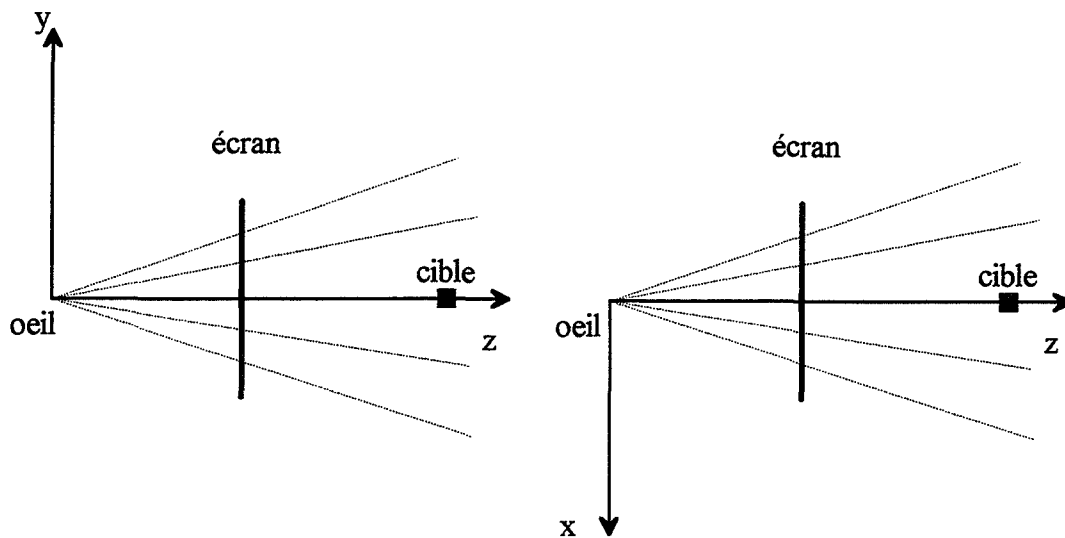


Schéma 20

Projection conique, système divergent.

En perspective circulaire, le principe est totalement inversé. L'œil décrit un arc de cercle, et les rayons convergent quant à eux vers un axe passant par la cible et parallèle à l'axe des x dans le repère de l'œil [sch.21].

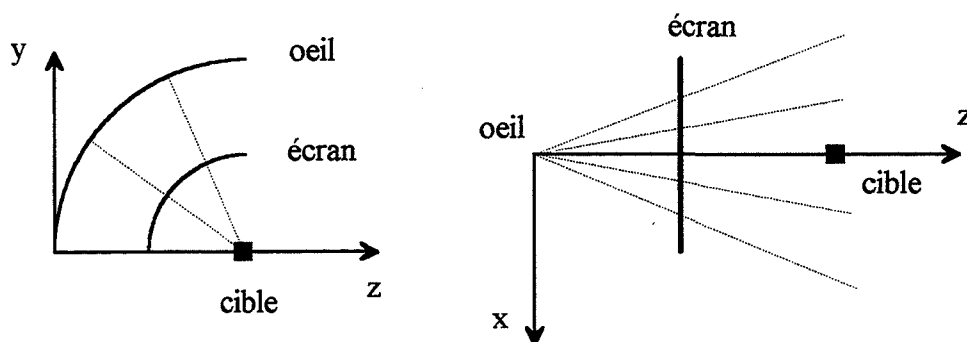


Schéma 21

Projection circulaire, système semi-convergent.

Les schémas nous démontrent un éventail projectif semblable pour les deux modèles en $0xz$, mais un développement radicalement opposé des deux modèles dans le plan $0yz$. Le passage dans ce plan a été résolu de la façon suivante.

Pour faire basculer la convergence œil-monde vers la convergence monde-cible, nous avons mis en place une projection axonométrique intermédiaire. Cette projection semi-axonométrique, puisque réalisée dans le plan Oyz , nous permet de déployer les rayons perpendiculairement au plan de projection, puis de basculer vers une convergence sur la cible, tout en intervenant sur la forme de l'écran et la courbure de la trajectoire de l'œil.

La projection semi-axonométrique se présente ainsi. Lorsque l'œil ne subit aucun déplacement, nous sommes dans le cas d'une projection conique classique. Par contre, si l'œil a un déplacement en fonction de la position du point à l'écran, tel que la trajectoire œil-point_écran soit perpendiculaire au plan de projection, nous avons une projection axonométrique en x et y . Pour obtenir une projection semi-axonométrique, il suffit donc de déterminer un déplacement de l'œil dans une seule direction. Par exemple, pour une projection y -axono, l'œil se déplace sur l'axe des y , en conservant la projection divergente œil-écran dans le plan Oxz [sch.22].

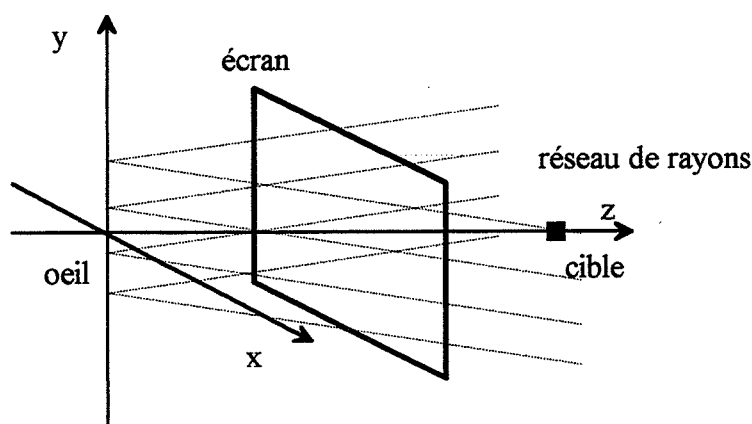


Schéma 22

Réseau projectif avec une projection y -axono.

Le passage de la projection conique à la projection circulaire, va donc s'effectuer par l'intermédiaire de la projection y -axono, nous permettant de basculer d'une projection divergente dans le plan Oyz à une projection convergente dans ce même plan [fig.49].

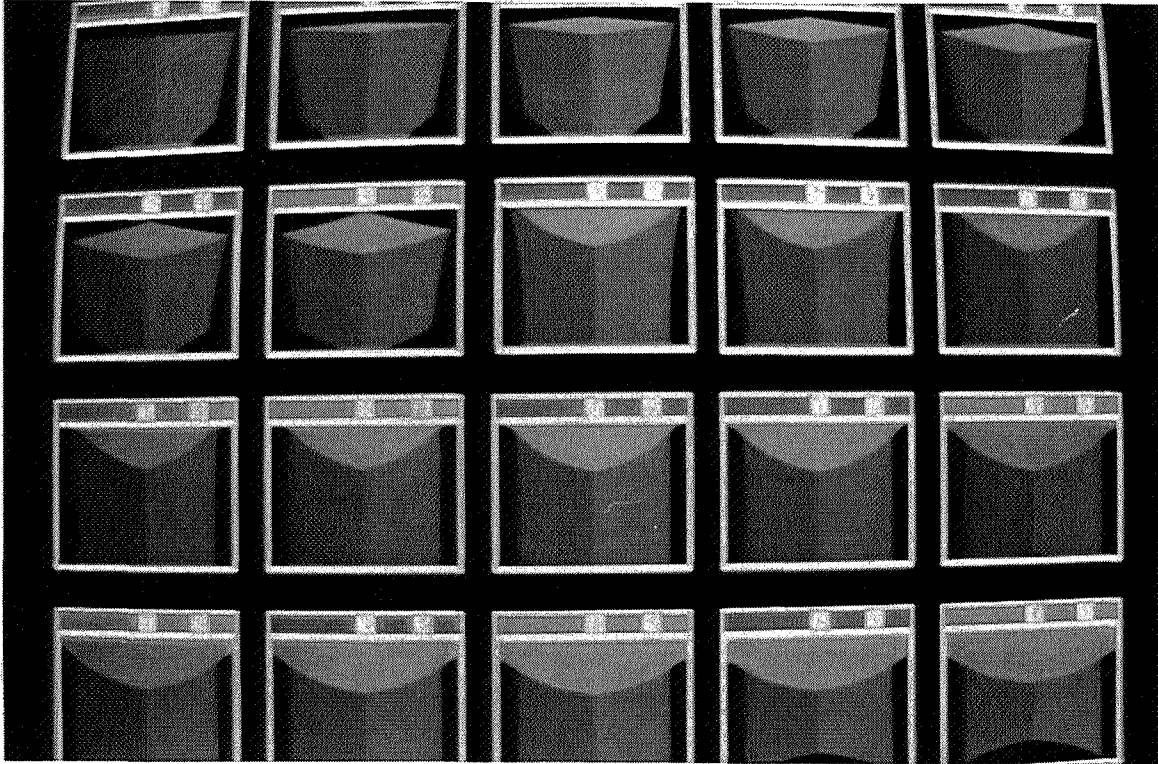


Figure 49

Interpolation du modèle conique au modèle circulaire sur un cube.

Cependant, reste à résoudre le problème de l'écran qui, dans la projection conique et axonométrique est un plan, et qui devient dans la projection circulaire un cylindre.

Ceci a été résolu par une légère déformation de l'écran lors du passage à la projection y -axono. L'écran, dans la projection conique a une ouverture en y d'un angle α , puis un angle d'ouverture α' dans la projection circulaire finale. On prend le bord supérieur de l'écran, puis on le déplace à une vitesse constante selon une tangente à l'arc de cercle final, pour enrouler ensuite l'écran sur ce cercle. Cette fonction n'est valable que si l'angle d'ouverture de la projection circulaire est supérieur à deux fois l'angle d'ouverture de la projection conique, ce

qui se vérifie dans la plupart des cas. Le point P présent au bord supérieur de l'écran, va donc être tiré vers le point P' appartenant à l'écran circulaire de la projection finale, puis coulisser sur cet arc jusqu'à l'ouverture totale de l'écran [sch.23].

Cette étape intermédiaire permet d'obtenir un passage plus lisse d'une projection à une autre, sans avoir un effet de discontinuité qui brusquerait et rendrait moins lisible l'évolution de l'objet dans sa déformation projective.

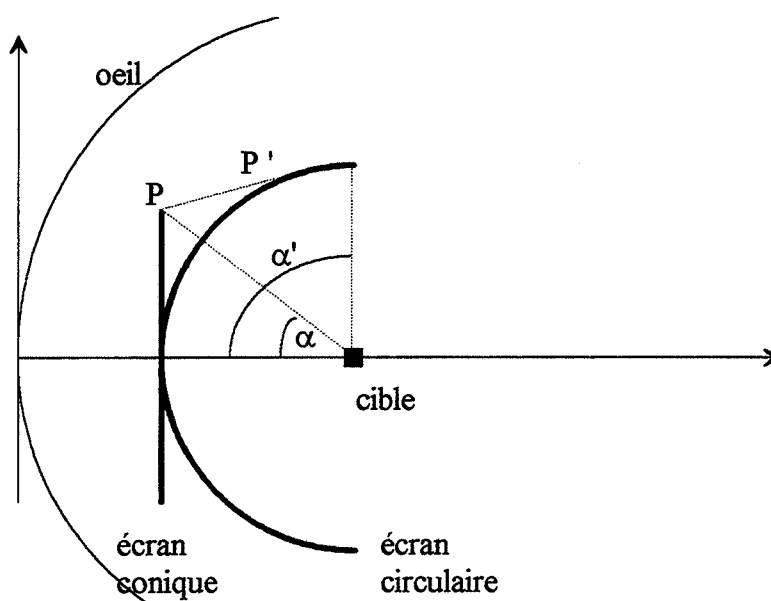


Schéma 23

Déformation de l'écran dans une projection semi-axonométrique.

6.2.2.2 Interpolation du modèle conique au modèle boulique.

Le modèle boulique est un système convergent à part entière. Il y a par conséquent une divergence totale dans la direction des rayons entre la projection conique [voir schéma 20 p.280] et la projection boulique [sch. 24].

Pour passer d'un modèle à l'autre, nous avons donc utilisé une projection axonométrique qui permet par un déplacement de l'œil en x et en y tel que la trajectoire œil-point_écran soit perpendiculaire au plan de projection, de basculer vers une convergence sur la cible [sch.25].

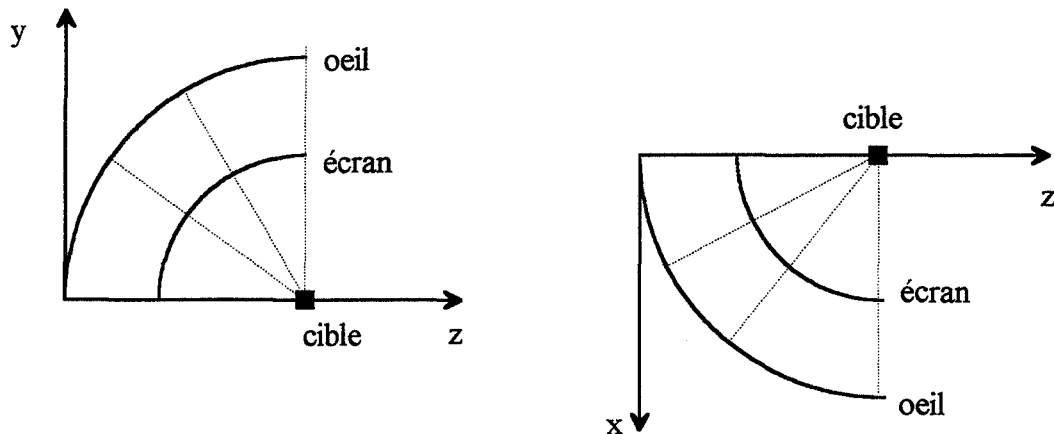


Schéma 24

Projection boulique, système convergent.

Cependant, comme dans la projection circulaire, il reste le problème du passage d'un écran plan à un écran sphérique. La déformation de l'écran que nous avons présentée lors du passage de la projection conique à la projection circulaire va être effectuée de façon semblable, à l'extension près, que la déformation de l'écran va non seulement être effective dans le plan Oyz , mais également dans le plan Oxz , avec un angle de rayon de courbure β dépendant de l'angle d'ouverture de la visée en x dans la projection conique initiale, et dans la projection boulique finale (sachant par ailleurs que l'angle α dépend de l'angle d'ouverture de la visée en y dans la projection conique initiale et dans la projection boulique finale).

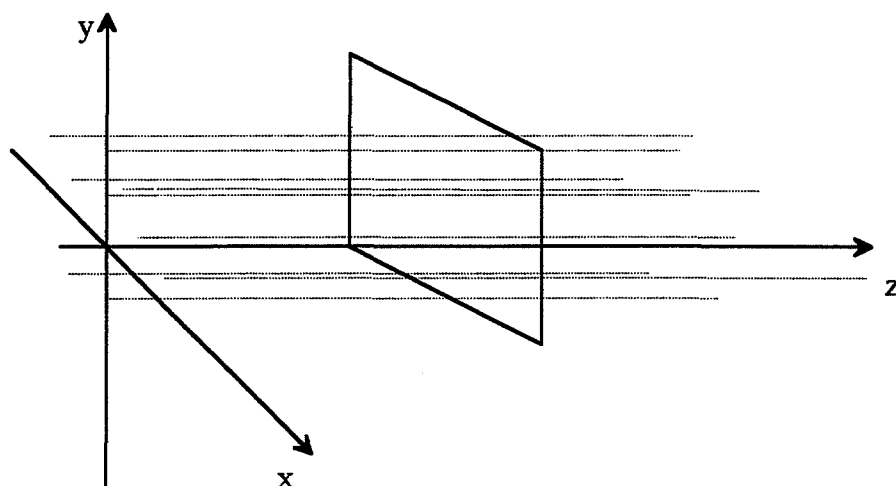


Schéma 25

Projection axonométrique.

L'écran va donc peu à peu se déployer comme une sphère autour de la cible, avec pour transposition de sa forme boulique à la forme plane invariable de l'écran (au sens concret), le système de projection en latitudes et longitudes exposé en 5.2.8.2 *Perspective boulique* (p.257).

6.2.2.3 Interpolation du modèle circulaire au modèle boulique.

Nous avons pu constater dans les deux chapitres précédents, que le modèle circulaire est un modèle semi-convergent et le modèle boulique entièrement convergent. Le passage d'une projection circulaire à une projection boulique va donc se faire par une projection intermédiaire x-axono avec un système convergent en y. Nous appellerons cette projection une projection axono-circulaire.

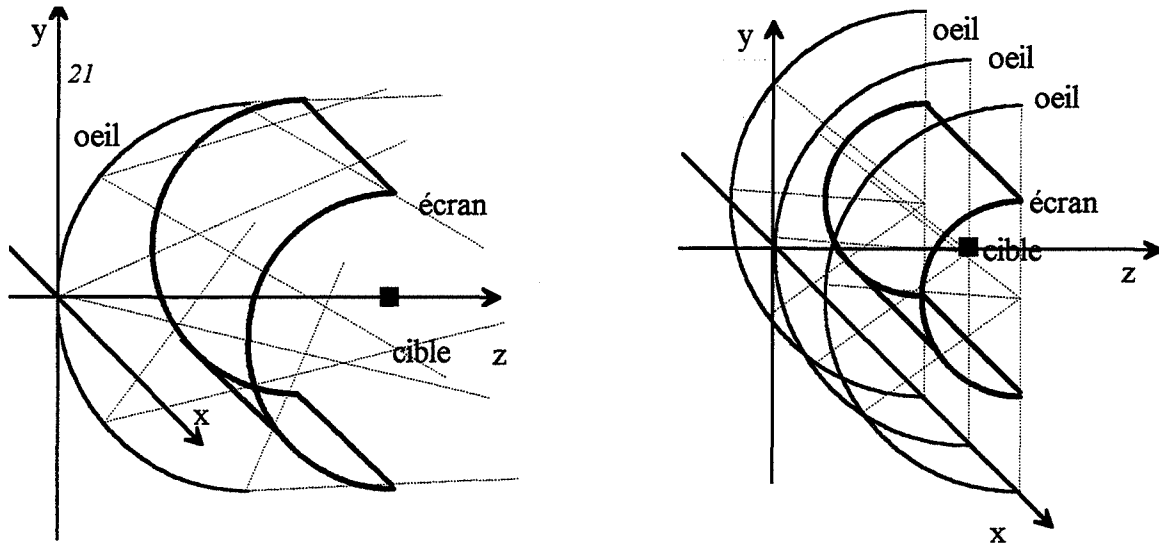


Schéma 26

Passage d'une projection circulaire à une projection axono-circulaire.

La projection axono-circulaire permet de déployer la convergence oculaire de la projection circulaire en un faisceau de rayons de projection centrés sur un axe parallèle à l'axe des x et passant par la cible, ayant tous le même plan de projection parallèle au plan Oyz .

L'œil, devenu cylindre de projection enroulé autour du cylindre écran va s'incurver peu à peu dans sa trajectoire en Oxz tandis que les rayons de projection se concentrent sur la cible. Le coefficient de courbure de l'écran va être déterminé proportionnellement à l'angle d'ouverture en x de la projection circulaire et de la projection boulique.

6.2.2.4 Interpolation du modèle conique au modèle en arête de poisson.

Dans le cas présent, le passage d'un modèle à un autre ne pose pas la difficulté de basculement d'un système divergent vers un système convergent. Ces deux modèles ont pour points communs: le même principe de projection divergent; un écran plan.

Par conséquent, il suffit de générer une interpolation dans le déplacement de l'œil pour passer d'un système projectif à un autre [voir fig.50].

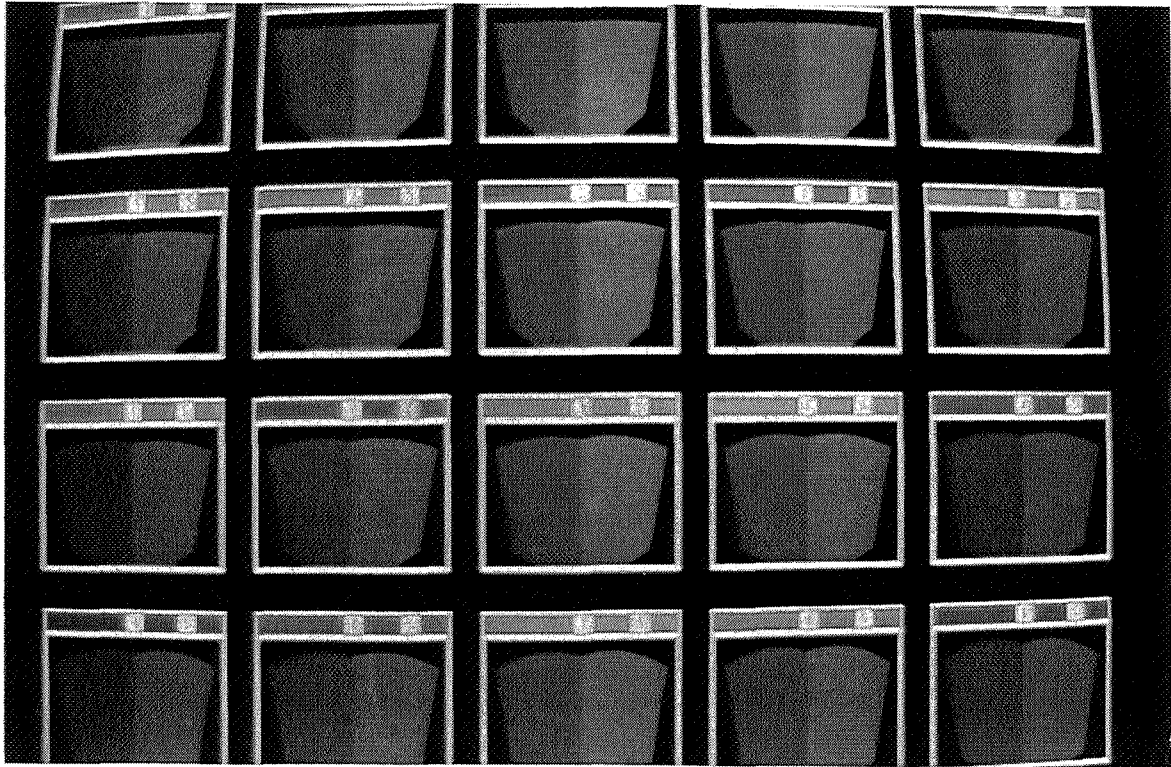


Figure 50

Interpolation du modèle conique au modèle en arête de poisson sur un cube.

6.2.2.5 Interpolation d'un modèle conique ou en arête de poisson vers un modèle hyperbolique.

Ici se pose le problème de la discontinuité que génère la projection hyperbolique, où le déplacement de l'œil $\Delta y = \frac{k}{|x|}$, lorsque $x = 0$. Cette discontinuité présente à l'image devrait entraîner, dans le cas d'un passage d'une projection vers une autre, une discontinuité. Afin de résoudre ce problème, il a été nécessaire de mettre en place une projection intermédiaire que nous appellerons hyper-poisson.

Cette projection devrait permettre d'atténuer la rupture et de générer une continuité dans le passage d'une projection à une autre. La projection hyper-poisson se caractérise par un déplacement de l'œil:

$$\Delta y = k_p |x| - \frac{k_h}{|x|}$$

où k_p = coefficient de déplacement de l'œil pour une projection en arête de poisson,

et k_h = coefficient de déplacement de l'œil pour une projection hyperbolique.

La projection hyper-poisson génère une courbe de raccord C , fonction hyperbolique permettant d'éviter la discontinuité lorsque $x=0$, et définie de la façon suivante:

$$C = -k_h \left(\left(\frac{|x|}{S} \right)^3 - 2 \frac{x^2}{S^2} + 2 \right)$$

S permet de déterminer un pas de rupture dans lequel va s'inscrire la courbe C [sch.27]. Ainsi, si $|x| \geq S$, on applique la fonction hyperbolique, et si $|x| < S$ on applique la fonction hyper-poisson.

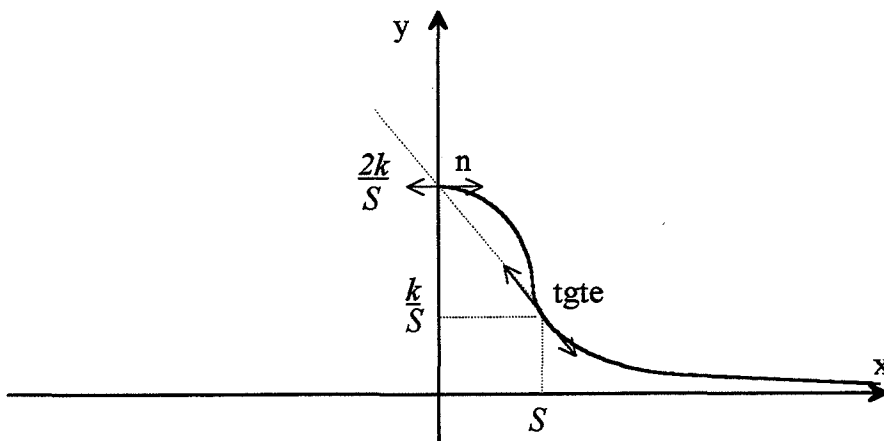


Schéma 27

Projection de transition hyper-poisson.

La courbe C est une fonction de raccord de la normale n et de la tangente $tgte$.

La projection de transition hyper-poisson permet donc de gérer en douceur la discontinuité qu'induirait le passage brutal d'une projection classique ou en arête de poisson à une projection hyperbolique.

6.2.2.6 Interpolation d'un modèle circulaire vers un modèle en arête de poisson.

Nous avons ici le cas d'interpolation le plus complexe à gérer. Ceci pour plusieurs raisons. Dans un premier temps, le modèle circulaire est un modèle semi-convergent, alors que le modèle en arête de poisson est un modèle divergent. Dans un second temps, le modèle circulaire est un modèle monotone dans la trajectoire de l'œil, alors que le modèle en arête de poisson est un modèle discontinu dans le sens de la trajectoire de l'œil [sch.28].

Nous l'avons vu dans les interpolations précédentes, le passage d'un modèle divergent à un modèle convergent ne pose en soit pas de problème par l'utilisation d'un modèle semi-axonométrique permettant le passage divergence-convergence des rayons. Le cœur du problème se situe au niveau de la discontinuité de la trajectoire de l'œil. En effet, lorsque $x=x_{\text{max_écran}}$, l'œil est en $y_{\text{min_écran}}$ et à la source d'un faisceau de rayons f1; lorsque $x=0$, l'œil est en $y=0$ et à la source d'un faisceau de rayons f2. A chaque ligne verticale de l'écran est affecté un faisceau de rayon spécifique.

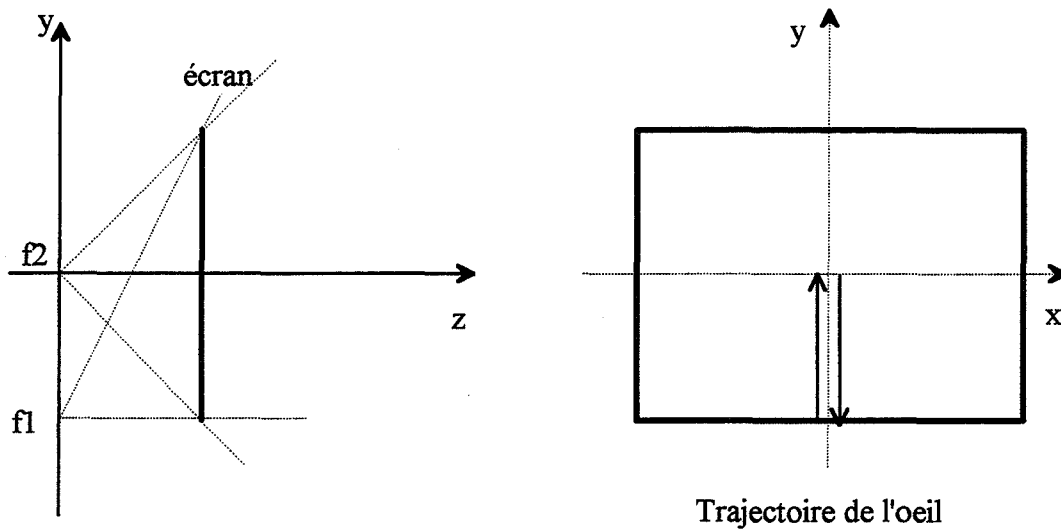


Schéma 28

Trajectoire de l'œil et orientation des faisceaux de rayon dans une projection en arête de poisson.

Nous avons envisagé différentes solutions qui ne nous ont pas semblé satisfaisantes dans le cadre d'un développement animé. L'une aurait été de passer d'une projection en arête de poisson vers une projection x -axono. Mais se pose ensuite le passage vers la projection y -axono, permettant de passer à la projection circulaire. L'autre aurait résidé dans une dissymétrie dans la trajectoire de l'œil qui aurait permis de tourner de 180° la trajectoire descendante de ce dernier.

En dernier lieu, nous avons retenu la solution du passage par une projection conique, qui nous paraît être le modèle le plus équilibré. Ceci s'effectue par une diminution de la distance de translation de l'œil en y , puis par un déploiement de ce dernier en reprenant le passage de la projection conique vers la projection circulaire [voir chapitre 6.2.2.1. p.279] .

Tous ces développements techniques spécifiques constituent la clé de lecture des projections mises en œuvre. Nous pouvons en effet constater, dans les exemples séquentiels,

qu'ils permettent d'intégrer visuellement parlant le bouleversement projectif qu'ils impliquent, et de comprendre, formellement parlant, la nature de ce bouleversement.

6.2.3 Réalisation du film.

Dans ce dernier chapitre, je voudrais exposer succinctement la façon dont a été réalisé le film. Il est, dans son histoire originale, issu de nombreux scénari qui semblent aujourd'hui très anecdotiques. Il est vrai que dans un premier temps, il m'avait paru nécessaire que le film soit en redondance totale avec le texte développée dans cette thèse. Les références de trinité, de polyptyque, puis d'Art égyptien, d'Art grec, etc... se sont succédées au cours des mises en page.

Cependant la question du réalisme venant se profiler au cœur de la problématique, est une question essentiellement philosophique. Faire un film sur le réalisme des modèles, est devenu un challenge plutôt complexe.

Par conséquent, pour éprouver les modèles développés au sein du modeleur, au regard du modèle brunelleschien, il m'a semblé pertinent de les confronter dans le cadre d'une histoire. C'est donc dans l'optique d'une histoire tout à fait anodine et très éloignée des concepts présentés dans cette thèse, mais éprouvant picturalement les modèles, que s'est orienté le scénario [voir Annexe C].

J'ai donc bâti une histoire autour d'un personnage, le castor, issu directement du nom du modeleur. Les aventures et mésaventures de ce personnage inscrites dans le cadre d'une

fête foraine, ont été modélisés et animés en langage CastorC, sauf le castor (modélisé en Castor) qui a pu être animé à l'aide d'une interface graphique d'animation développée et mise au point à l'ENSMSE⁹⁸ par Gabriel Hanotaux.

⁹⁸ Ecole Nationale Supérieure des Mines de St-Etienne.

Au cours de ce travail, le problème du réalisme des modèles a été soulevé aussi bien à un niveau esthétique que plastique. Les systèmes de projection mis en œuvre et développés s'appuient tous sur des modèles ayant une qualité réaliste au même titre que le modèle brunelleschien. Nous avons cependant nuancé l'idée du réalisme, et nous avons pu observer que tout dépend du point de vue et de l'éclairage que l'on donne au réel; à la nature du réel auquel on se réfère mais surtout à la nature des éléments de référence que l'on prend pour appréhender ce réel.

Le contexte socio-culturel dans lequel s'inscrit toute approche représentative du réel (à un niveau pictural) est primordial dans la valeur réaliste accordée à un modèle. Le modèle cartésien dans lequel s'inscrit aujourd'hui l'image de synthèse est très présent dans l'idée que l'on se fait du réalisme. Le seul modèle réaliste et reconnu comme tel, est le modèle

brunelleschien. Les diverses raisons que nous avons exposées dans le cadre de l'accession à cette idée le confirment. Reprenons les succinctement.

Au niveau du contexte socio-culturel, il y a la référence scientifique, analyse cartésienne des phénomènes physiques et chimiques, qui permet par son caractère objectif et dépourvu de toute intervention humaine, de donner une vision universellement accessible du réel. La photographie, isomorphe à l'œil, permet de voir un objet ainsi que l'œil fixé en un point le verrait. Au niveau de sa filiation technologique, le réalisme de la synthèse d'image est avant tout à la source de la génération d'images scientifiques dont la fonctionnalité première est d'éprouver des modèles physiques, biologiques, optiques ou autres pour les confirmer ou les infirmer.

Il peut paraître alors incongru de vouloir développer sur des images aussi fortement soudées au réalisme brunelleschien, d'autres idées du réalisme. Pourquoi intégrer sur un modeleur qui génère des images indiscutablement réalistes d'autres modèles qui se réclament, historiquement ou conceptuellement parlant, d'autres idées du réalisme? Quels développements et à quel avenir peuvent prétendre ces modèles?

Le modèle conique, développé de façon quasi exclusive sur les modeleurs, n'a pas encore à ce jour été confronté à d'autres modèles de projection. Sa valeur réaliste, n'ayant pas été remise en question, ne s'appuie donc que sur une déclaration. C'est donc dans sa résistance et l'affirmation de ses caractères identificateurs, qu'il peut se démontrer comme un modèle réaliste. La confrontation du modèle brunelleschien à d'autres modèles issus de concepts réalistes, va donc nous permettre une mise à l'épreuve des éléments de référence que l'on prend pour appréhender le réel, et pour accorder à ce niveau la dénomination réaliste.

Il est indéniable que les modèles projectifs que nous avons développés, basés sur des concepts très différents du réalisme "classique", sont difficilement déchiffrables et analysables. Par conséquent, visuellement parlant, leurs qualités réalistes sont fortement mises en doute. Cependant, il ne me semble pas que la mise en doute des qualités "réalistes" de ces modèles puisse s'exprimer de façon universelle. En effet, nous avons vu que l'accession d'un modèle à cette qualité était essentiellement référée à un contexte socio-culturel. Or il est évident que le contexte socio-culturel dans lequel s'incrument ces modèles est très éloigné des éléments de référence sur lesquels s'appuient ces différentes appréhensions du réel. Ces modèles ne sont donc pas réalistes dans le contexte socio-culturel dans lequel ils s'inscrivent aujourd'hui, mais peuvent néanmoins se réclamer du réalisme dans le cadre d'une approche spatio-temporelle radicalement différente.

Quant au niveau du développement, et de l'avenir de tels modèles, deux orientations de travaux me paraissent pertinentes.

Comme nous l'avons vu dans l'analyse historique que nous avons faite des modèles de la représentation, nous avons pu constater que, jusqu'à la Renaissance, et un peu avant au Trecento, le tableau s'affirmait en tant que tel. L'une des grandes particularités de la Renaissance, a été de placer l'homme au cœur du tableau. Puis il a fallu attendre l'Impressionisme, pour que le spectateur soit projeté dans le tableau par des cadrages tout à fait nouveaux.

Le développement actuel des technologies de la synthèse d'image n'est pas sans rappeler ce cheminement de l'individu, qui de la passivité télévisuelle en tant que téléspectateur, va peu à peu pouvoir agir, par des compacts-disques vidéo interactifs, sur cette

image, pour enfin plonger dans l'image par l'intermédiaire des accessoires de la réalité virtuelle.

Certes, la réalité virtuelle peut sembler incroyablement éloignée des idées et des modèles que nous avons développés. Cependant, reprenons l'idée qu'expose Kurosawa dans son film *Dreams*. Un touriste japonais se promène dans un tableau de Van Gogh... La réalité virtuelle et la téléprésence permettent de plonger dans des univers inaccessibles, soit géographiquement, soit concrètement. Ainsi, pourquoi ne pas supposer un voyage à travers des tableaux de l'Antiquité ou du Trecento, dans un espace visuel répondant aux règles de construction optiques de l'époque? Pourquoi ne pas plonger dans un tableau de Picasso ou de Braque et voir peu à peu un espace tridimensionnel se construire? Et pourquoi, en sens inverse, dans le cadre d'une promenade virtuelle dans un site reconstitué ou imaginaire, ne pas rapporter une image de l'ensemble de nos sensations visuelles de l'espace dans un tableau cubiste réalisé par la réunion de l'ensemble des points de vue, conjugués à l'ensemble des relations tactiles du promeneur dans cet espace virtuel? Chaque image ainsi réalisée serait le reflet de l'appréhension singulière de chacun de l'espace.

Dans l'état des connaissances actuelles, ces travaux me paraissent tout à fait réalisables, et la déambulation du castor dans son architecture déstabilisante, sont autant d'invitations à la plongée interactive dans une réalité virtuelle toute autre...

UNIVERSITE DE PARIS VIII
ART ET TECHNOLOGIE DE L'IMAGE

Thèse pour obtenir le doctorat de:
ESTHETIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ARTS

Partie théorique complétée par un film et des diapositives.

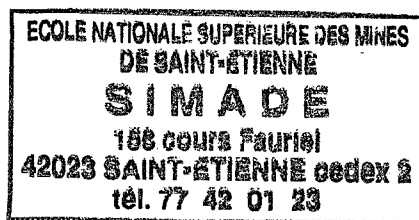
SYNTHESE EN TROIS DIMENSIONS

TOME III

*Analyse et recherche de modèles de projection,
inspirés des concepts développés
au cours de l'histoire de l'Art.*

Thèse soutenue par: BOURGOIN Véronique
Directeur de recherche: Mr COUCHOT Edmond.
Rapporteurs: Mr PEROCHE Bernard
Mme DUGUET Anne-Marie.
Jury: Mr BRET Michel.
Mr COUCHOT Edmond.
Mr PEROCHE Bernard.

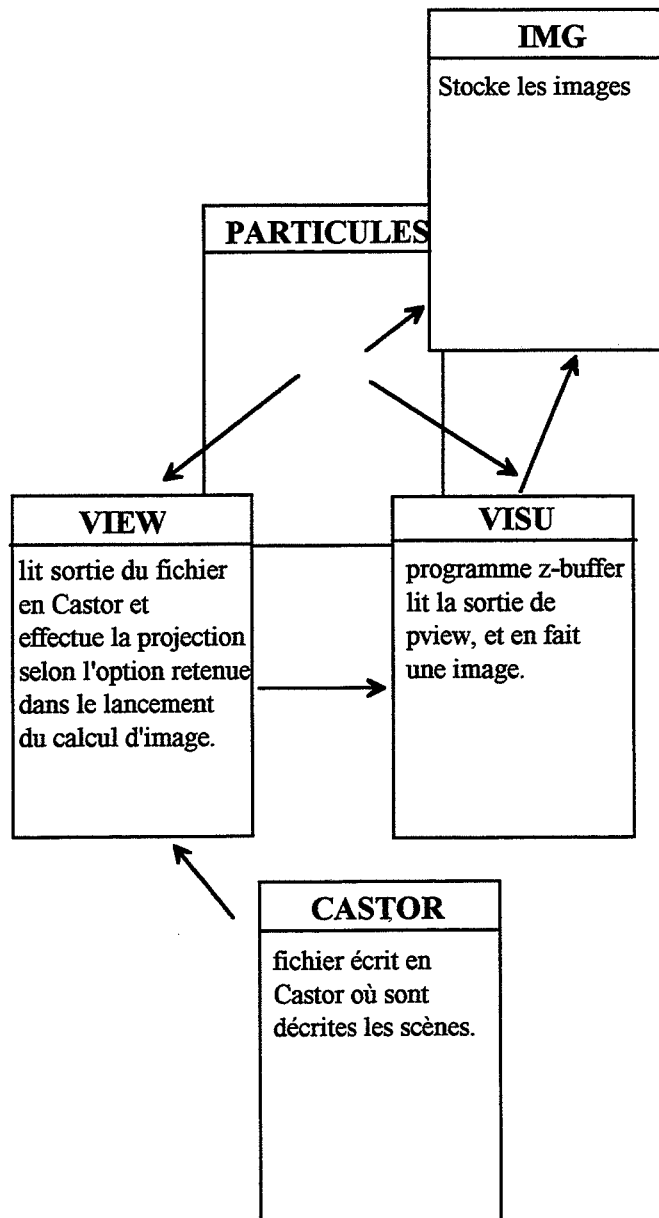
Thèse soutenue le 14 Décembre 1994.



ANNEXE A

Présentation de l'architecture avec la méthode du z-buffer
et exemple de fichier en CastorC, avec présentation du
processus de visualisation d'une image.

**STRUCTURE DE FONCTIONNEMENT DES FICHIERS POUR GENERER DES
IMAGES EN PARTICULES**



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES
DE SAINT-ETIENNE
SIMADE
158 cours Fauriel
42023 SAINT-ETIENNE cedex 2
tel. 77 42 01 23

FICHER en CASTORC.

Un fichier CastorC se présente sous cette forme très simple:

```
#include<cc.h>

model()
{
  int scene;
  int cube_rouge;

  cube_rouge=cube(255,0,0,0);

  scene = reunion(
    appli(
      cube_rouge,
      Affin(1.,1.,2.,_),
      fin),
    appli(
      cube_rouge,
      Affin(2.,1.,1.,_),
      Trans(1.,0.,0.,_),
      fin),
    fin);

  ciel(0,100,200,10,10,100);
  eye(1.,10.,1.);
  aim(1.,1.,1.);
  depth(0.01,10000.);

  visu(scene);
}
```

Ce qui se traduit en langage Castor par:

```
>"ciel(0,100,200,10,10,100)";

%eye(1.,10.,1.);
%aim(1.,1.,1.);
%depth(0.01,10000.);

o_1 =!cu(255,0,0,0);
o_2 =$U(@a(1.,1.,2.)o_1, @t(1.,0.,0.)@a(2.,1.,1.)o_1);

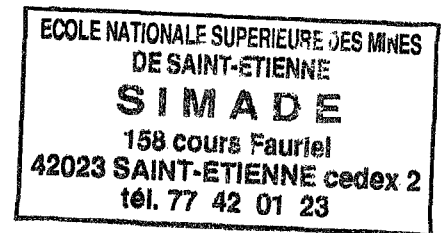
>o_2;
```

PROCESSUS DE VISUALISATION D'UNE IMAGE DANS L'ENVIRONNEMENT

ILLUMINES.

Dans un fichier CASTOR nous pouvons distinguer six classes d'information⁹⁹:

- I - dentité: moyen de nommer les objets modélisés;
- M - orphologie: informations qui décrivent la forme d'un objet;
- A - spect: la couleur, la matière, la texture;
- G - éométrie: pour définir les informations relatives à la taille et la position des
objets dans la scène;
- E - clairement: pour positionner et décrire les sources lumineuses: leur
puissance, leur directivité, leur couleur, etc...;
- S - tructure: description des relations entre les objets qui constituent la scène
(quelque chose est *sur* un objet formé d'un *ensemble*
indissociable d'autres objets, etc...).



Parmi ces six classes, le couple *géométrie-morphologie* permet de définir des équations ou des coordonnées pour tous les points, droites, plans ou autres éléments géométriques des objets.

⁹⁹ Classification proposée par F. Martinez, "*La synthèse d'image: concepts, matériels et logiciels*", Ed. Editest, Paris, 1984.

A ces six classes d'information viennent s'ajouter deux classes d'informations géométriques:

- *Géométrie de Visualisation: Gv;*

Information définissant la projection de l'espace tridimensionnel dans le plan de l'écran.

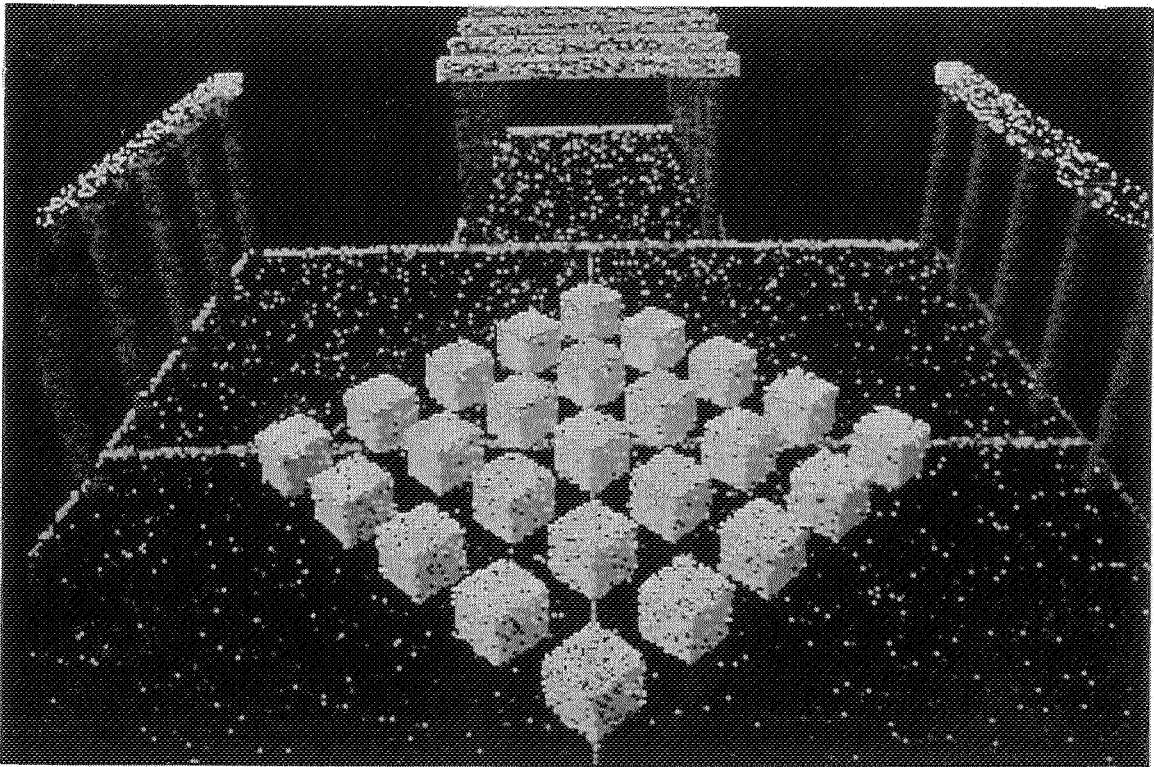
- *Géométrie d'Affichage: Ga;*

Information sur l'écran lui-même (taille et pixels) et positionnement de l'image synthétisée sur l'écran.

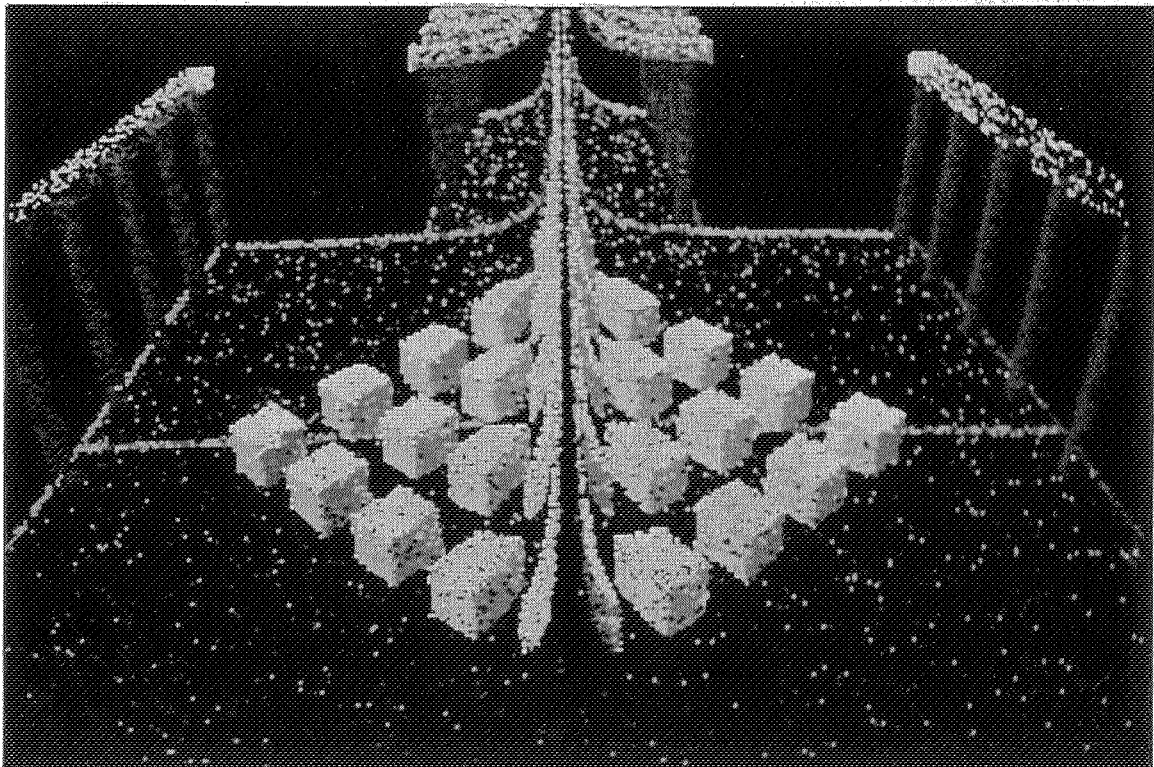
Les différentes perspectives, dans leur intervention matricielle, se situent au niveau de la géométrie de visualisation.

ANNEXE B

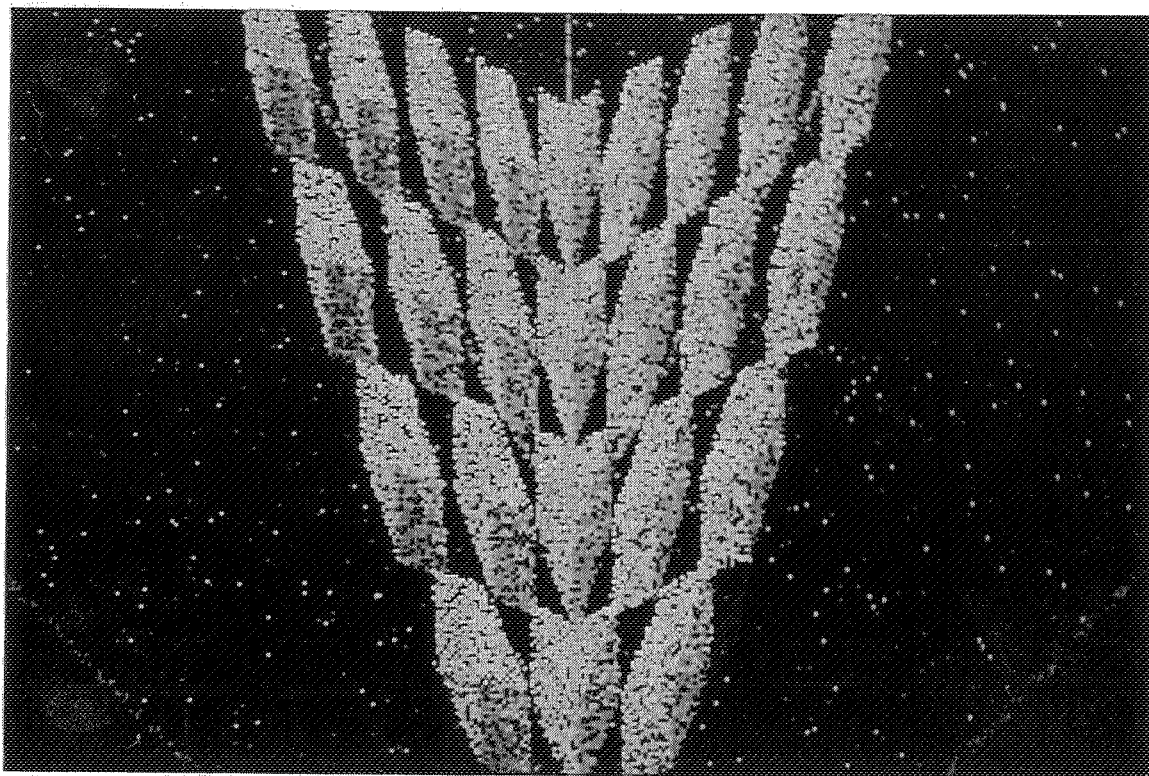
Présentation des travaux réalisés avec des images fixes,
repreant les différentes projections implantées.



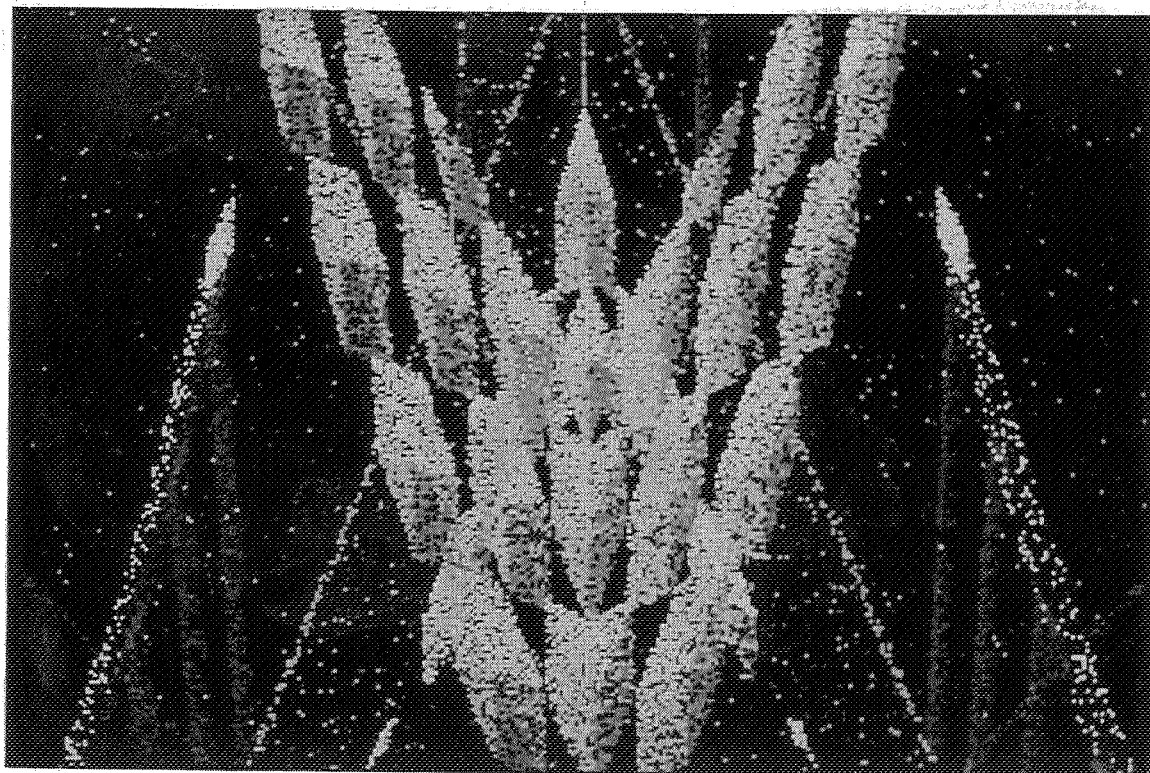
Scène colonnades en particules; Projection conique, *perspectiva artificialis*.



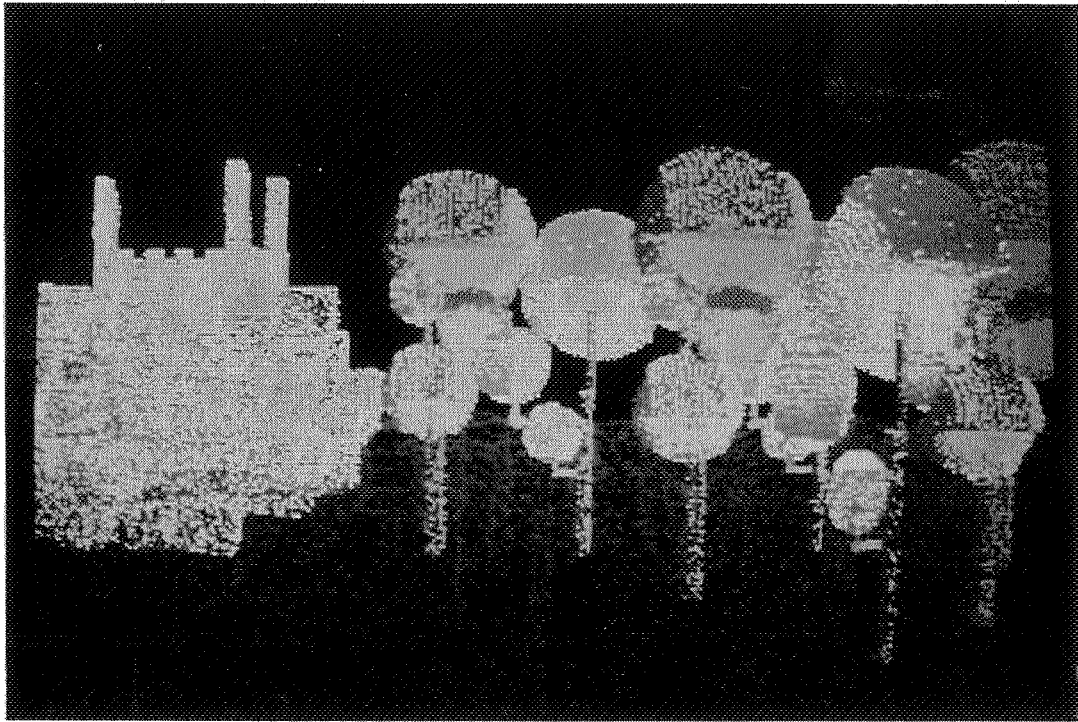
Scène colonnades en particules; projection hyperbolique.



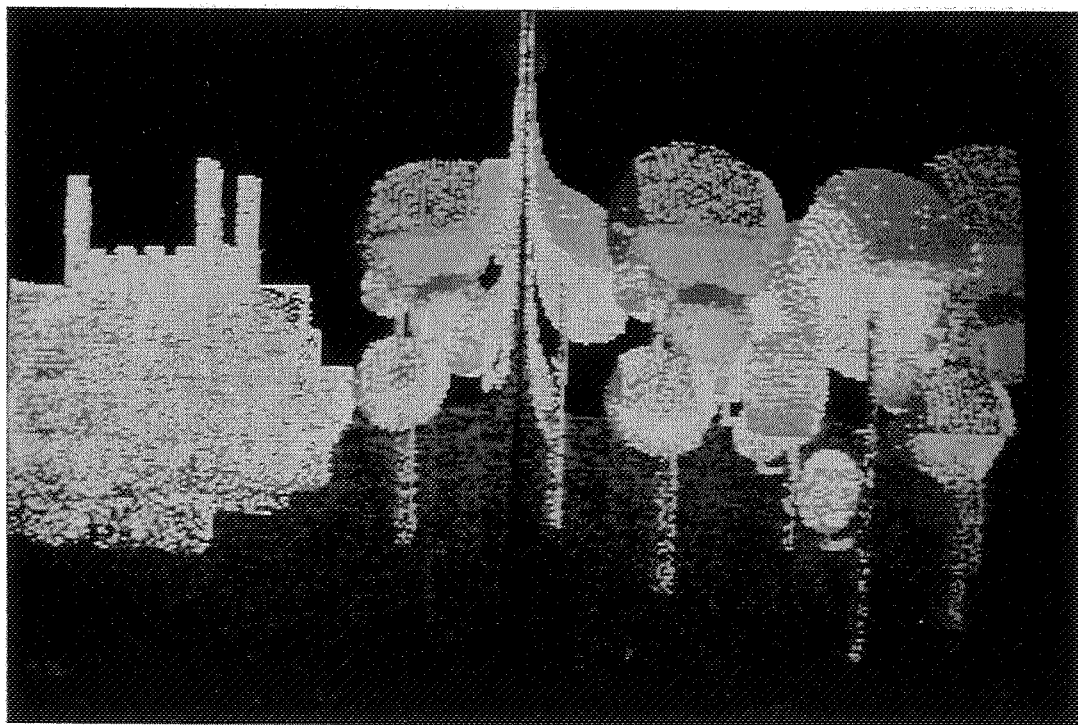
Scène colonnades en particules; projection à chevrons.



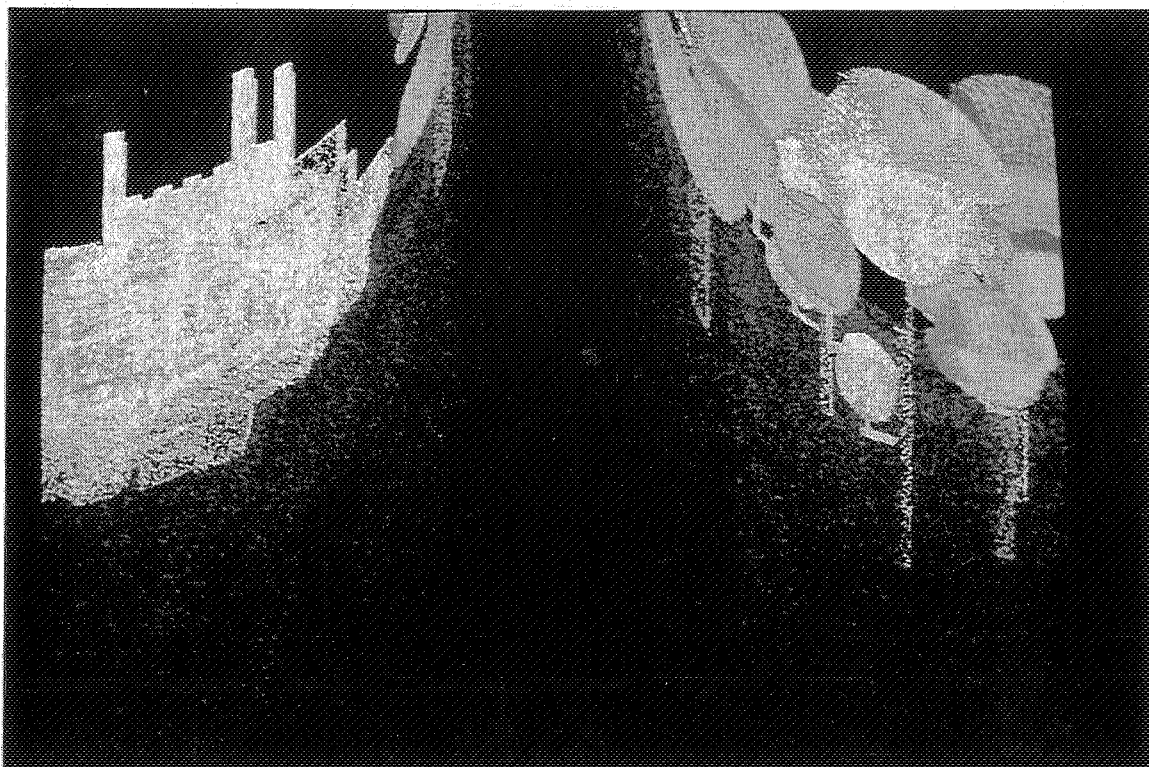
Scène colonnades en particules; projection à faisceaux croisés.



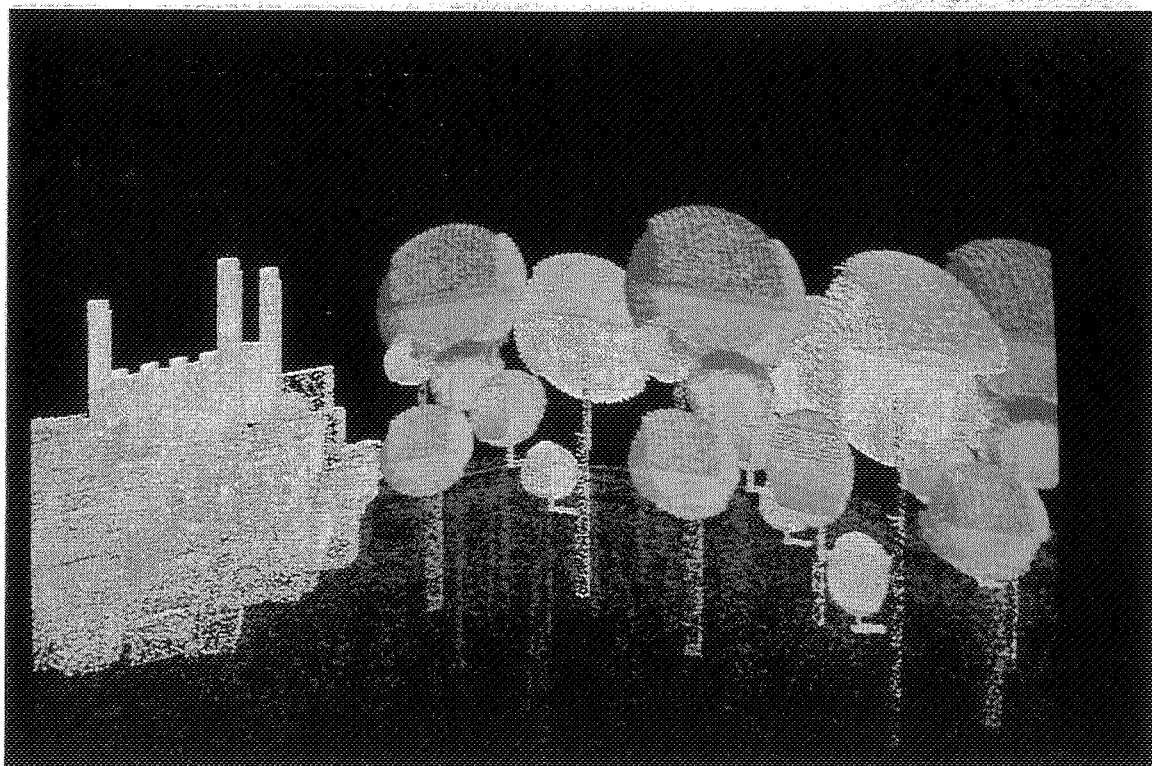
Scène château en particules; projection conique, *perspectiva artificialis*.



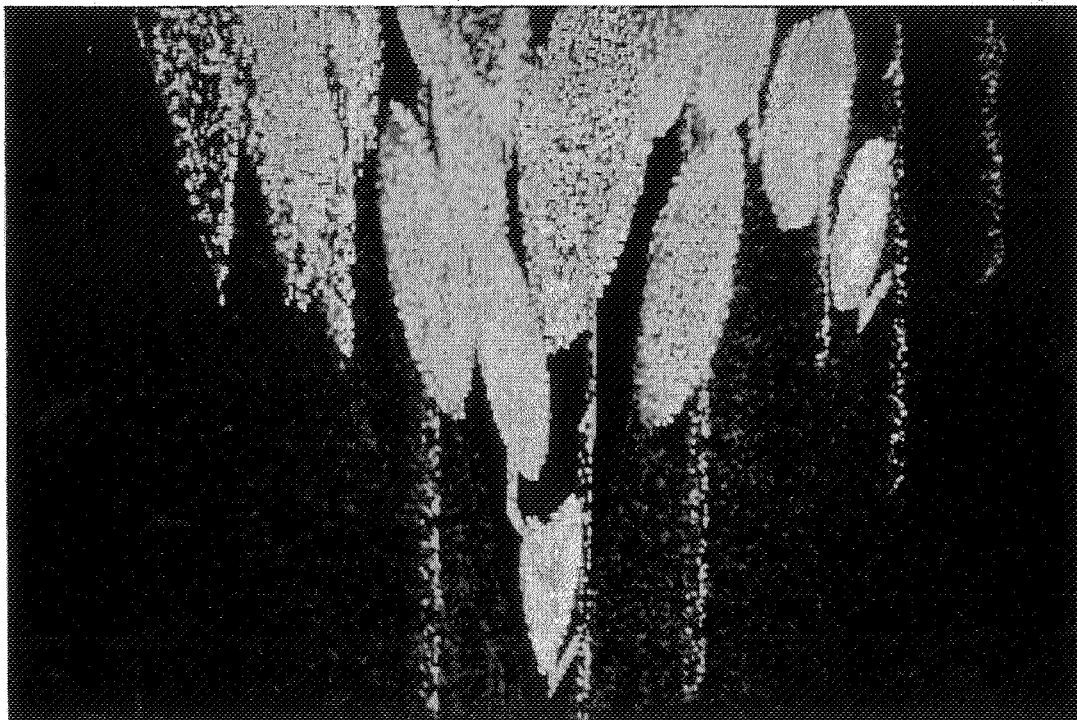
Scène château en particules; projection hyperbolique.



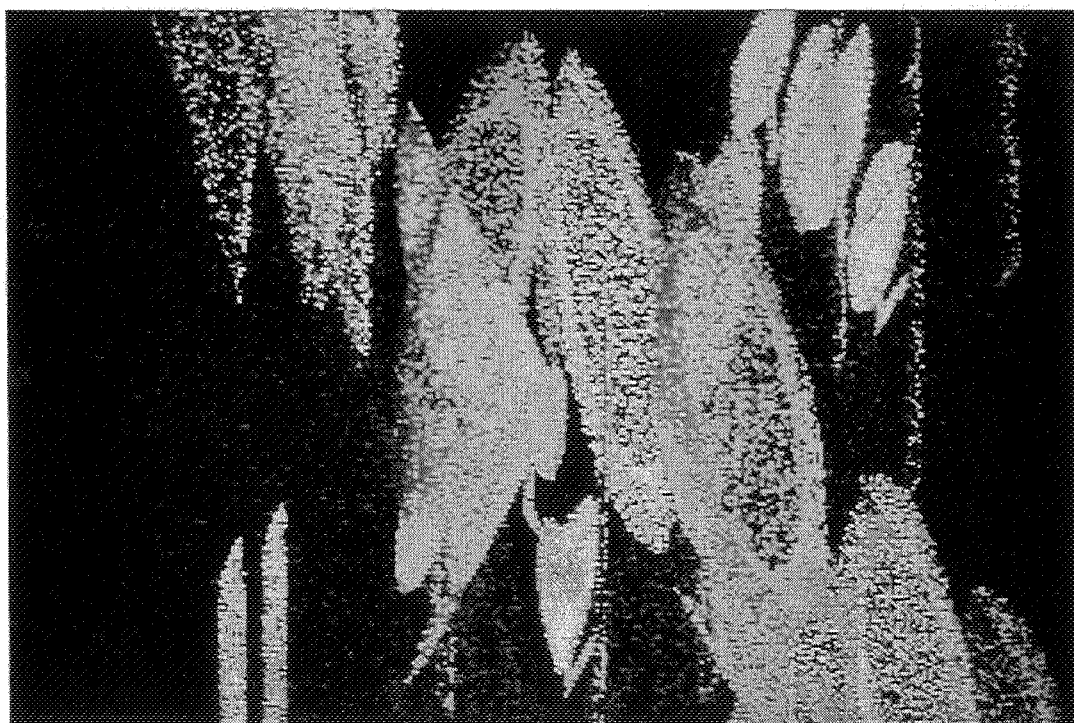
Scène château en particules; projection hyperbolique, modèle tracé de rayon.



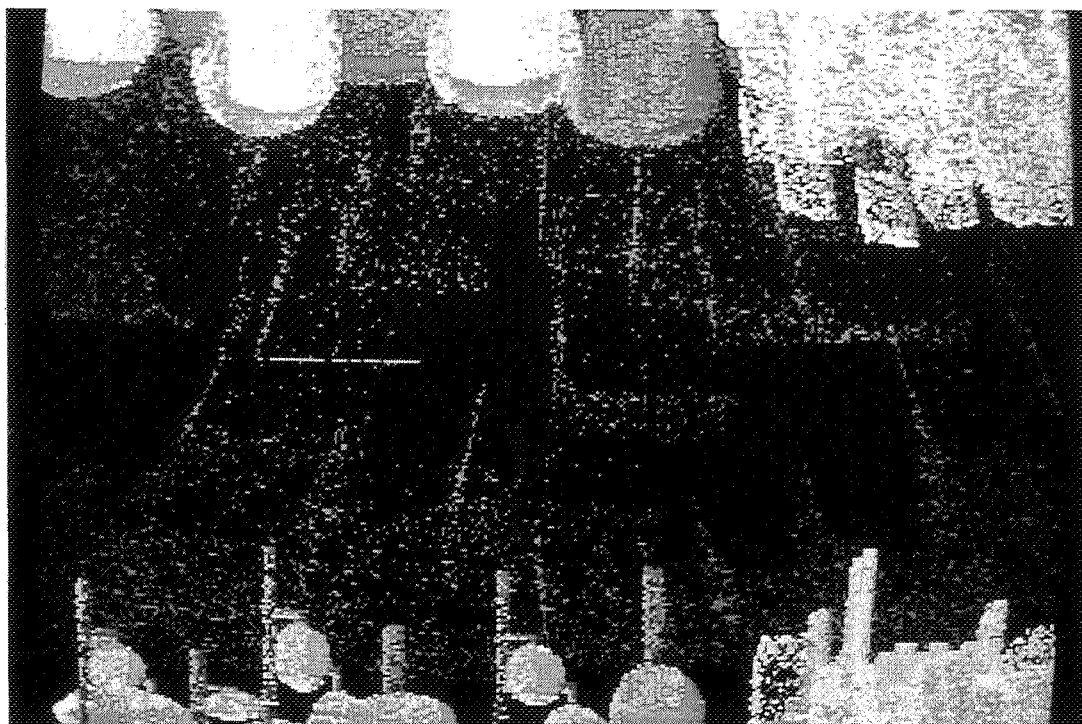
Scène château en particules; projection en arête de poisson, modèle tracé de rayon.



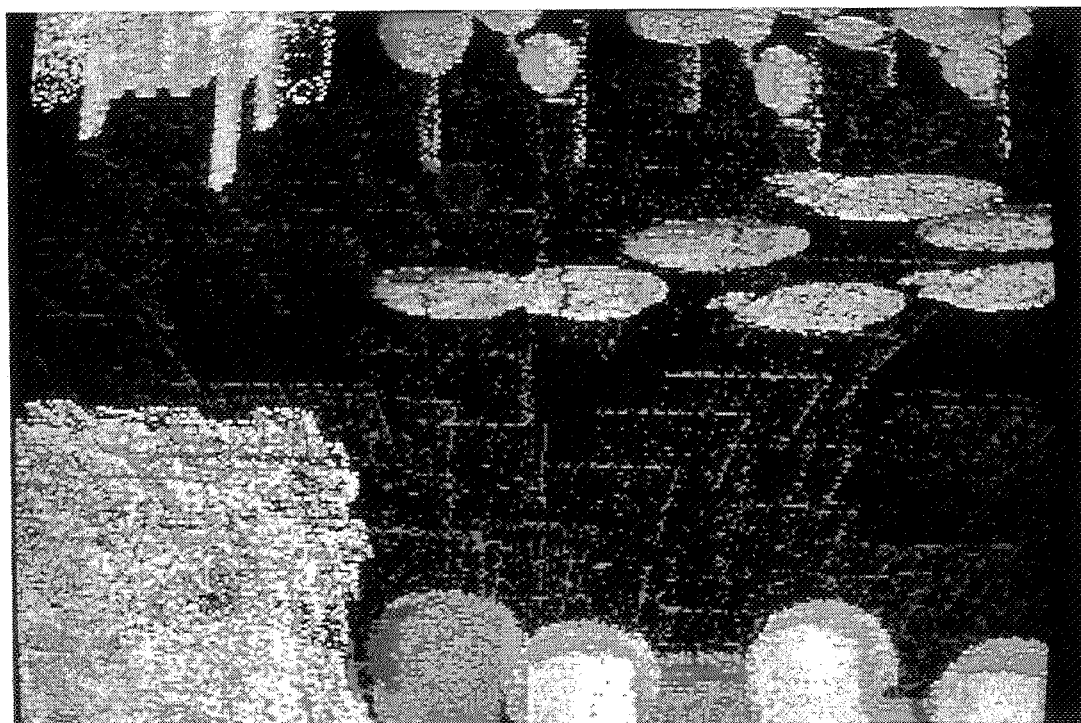
Scène château en particules; projection à chevrons.



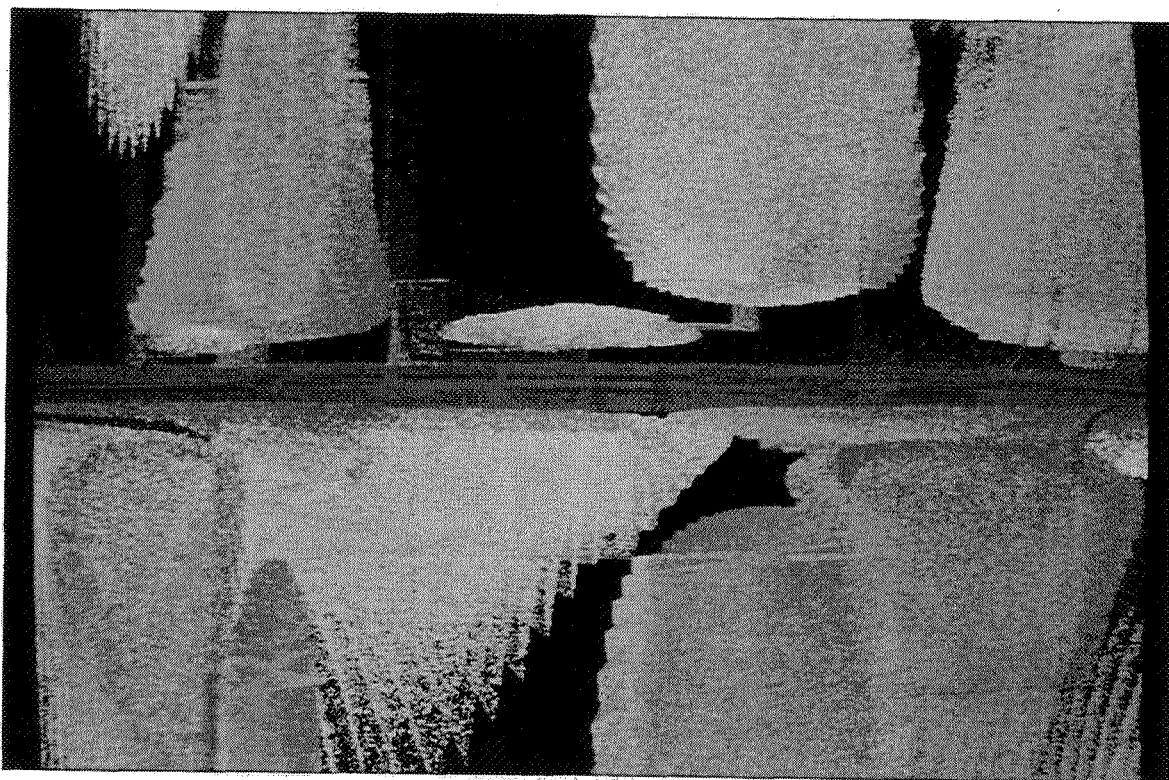
Scène château en particules; projection en faisceaux croisés.



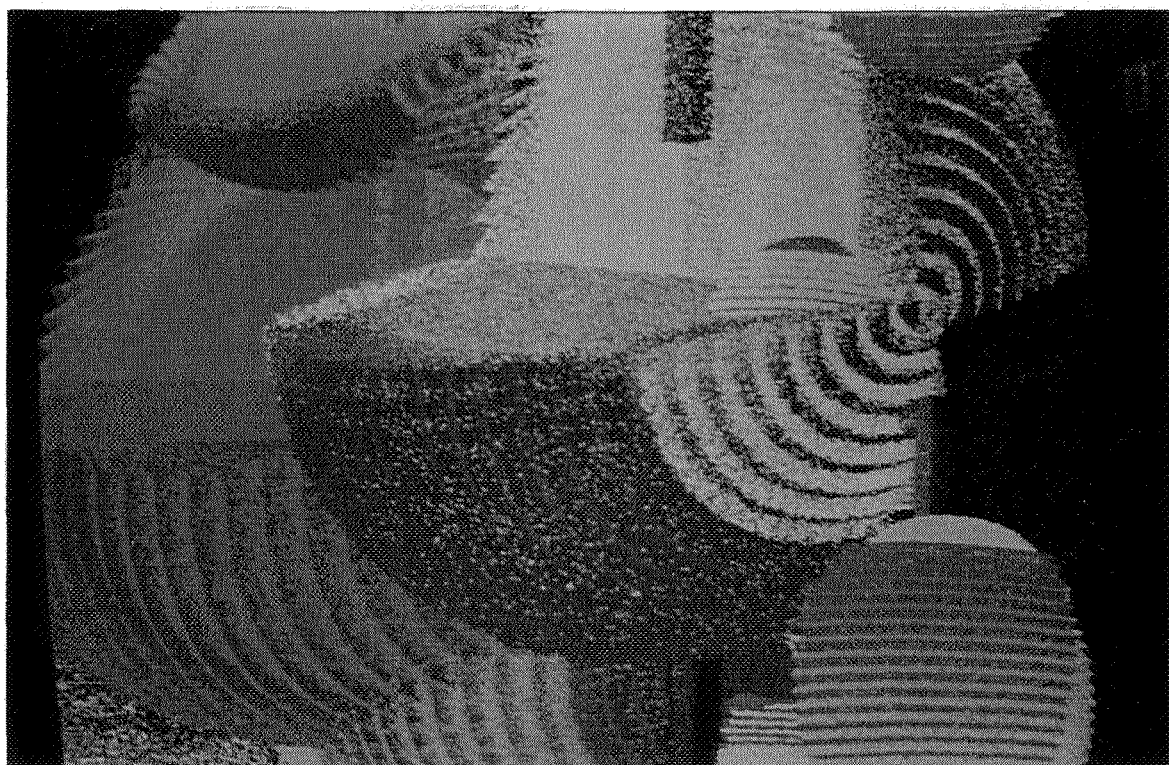
Scène château en particules; projection semi-circulaire.



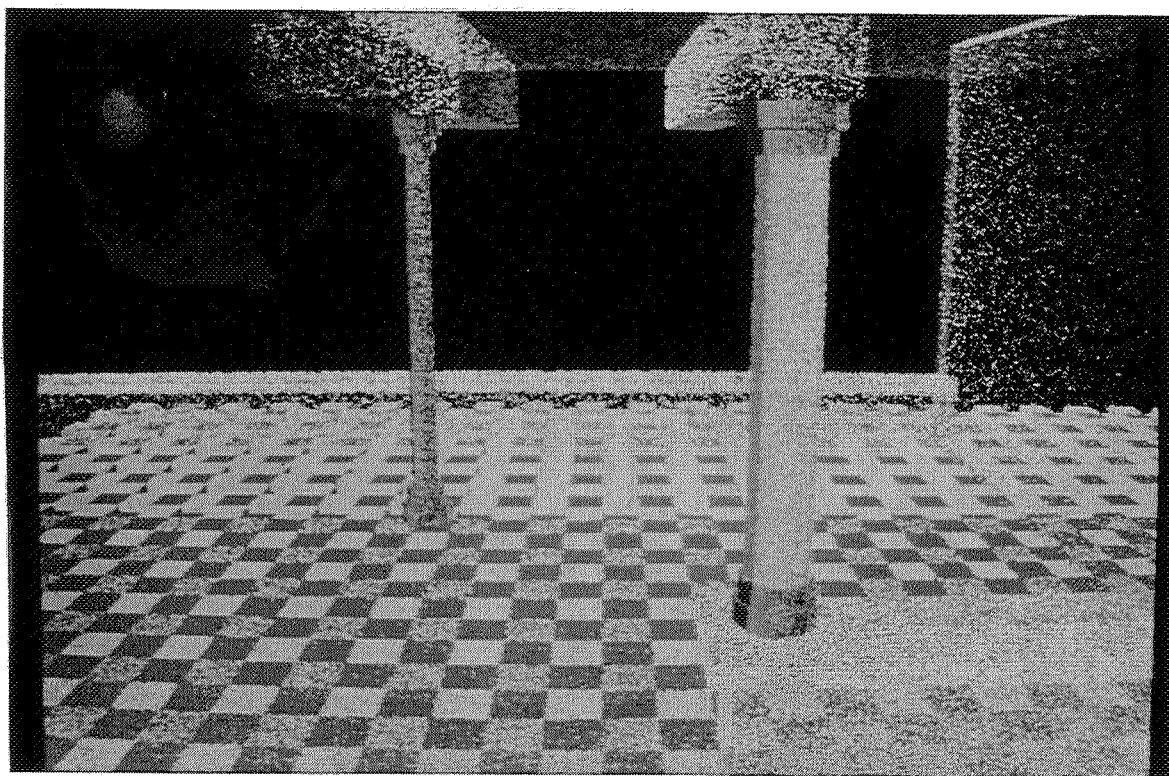
Scène château en particules; projection circulaire



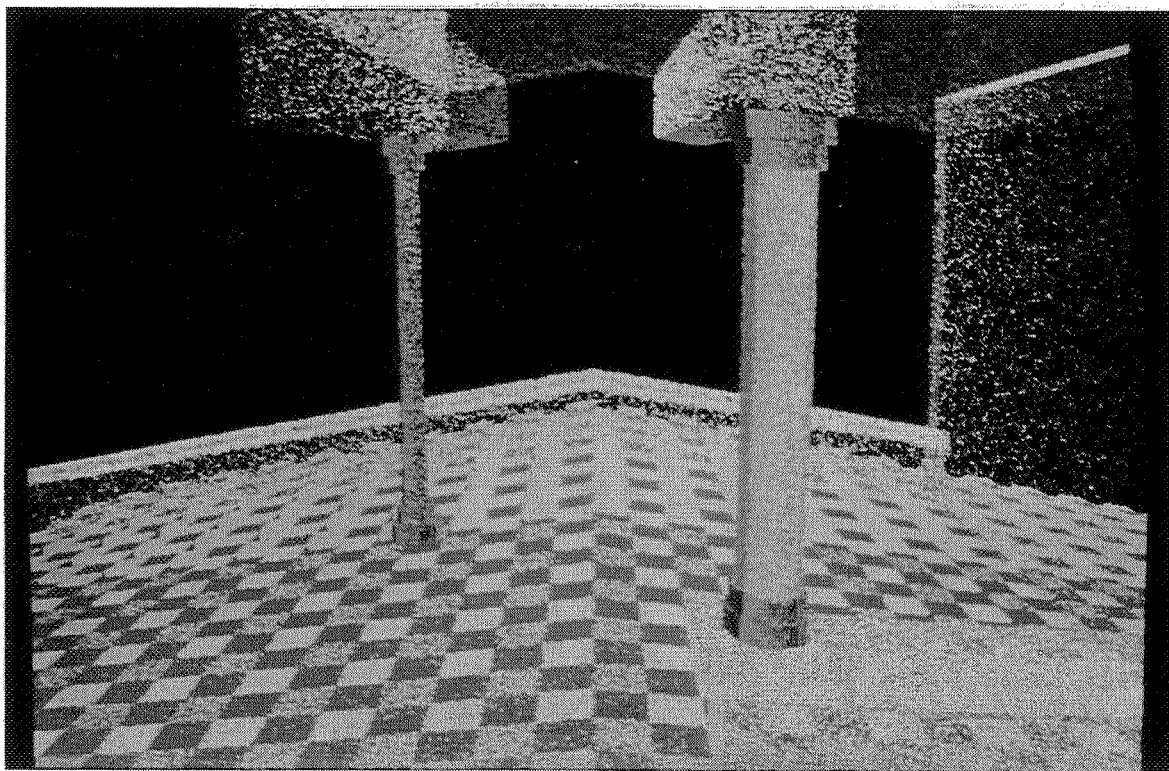
Scène château en particules; projection circulaire, modèle tracé de rayon.



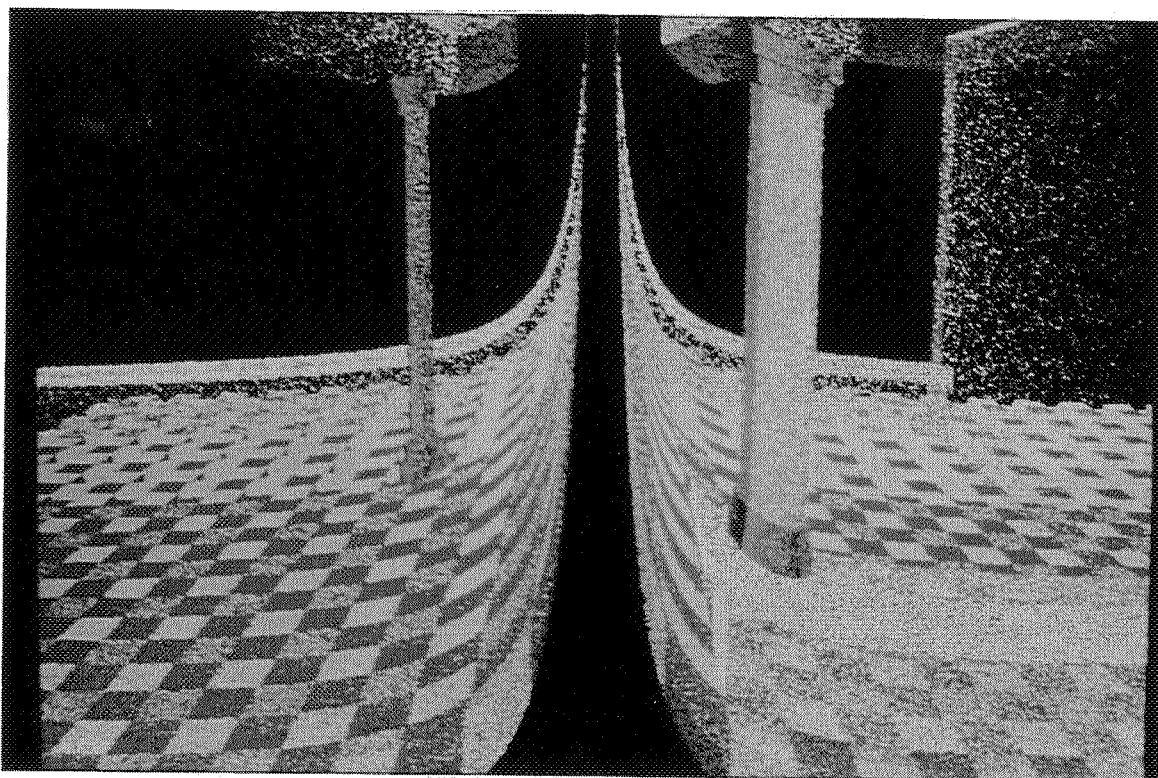
Scène château en particules; projection boulique particules.



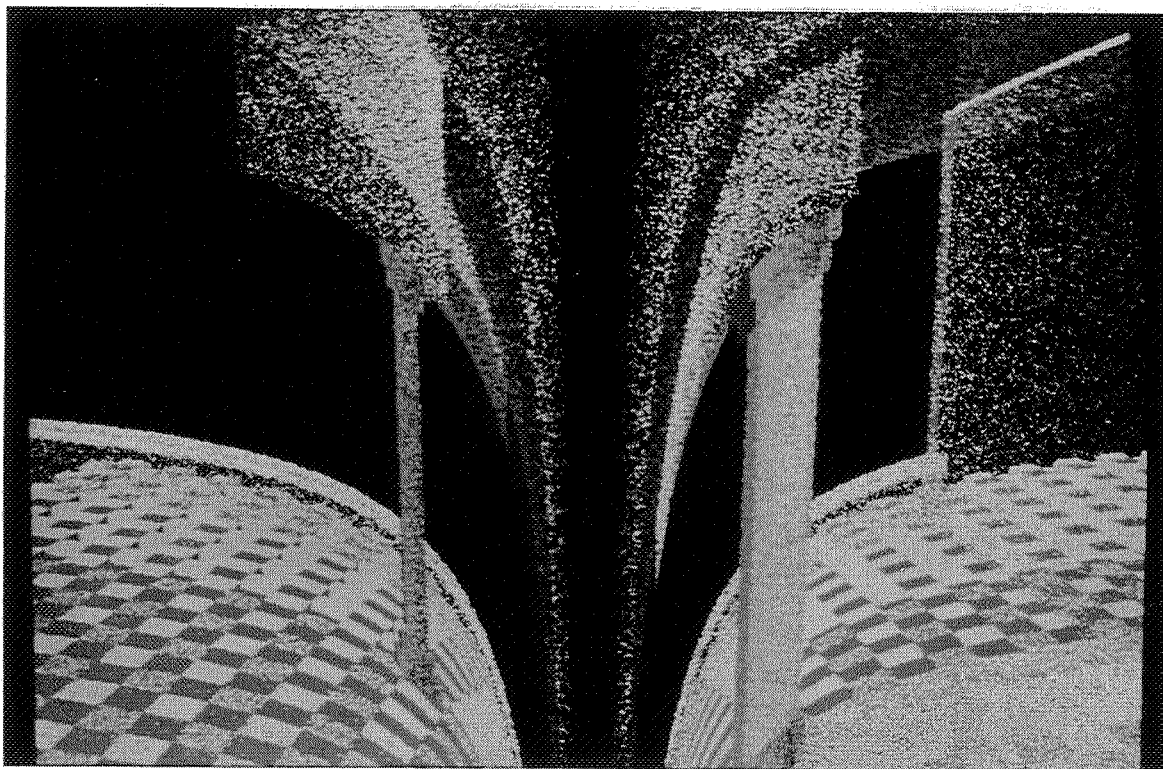
Scène inspirée d'Isenmann en particules; projection conique, *perspectiva artificialis*.



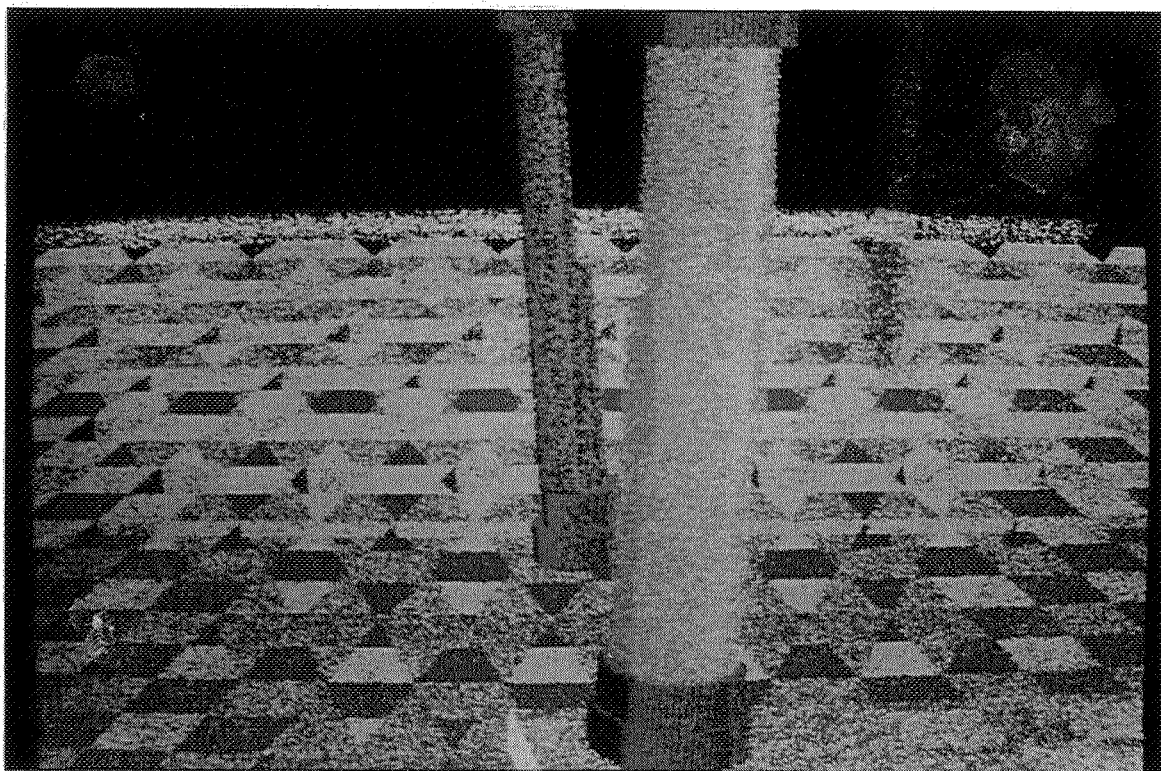
Scène inspirée d'Isenmann en particules; projection en arête de poisson, modèle tracé de rayon.



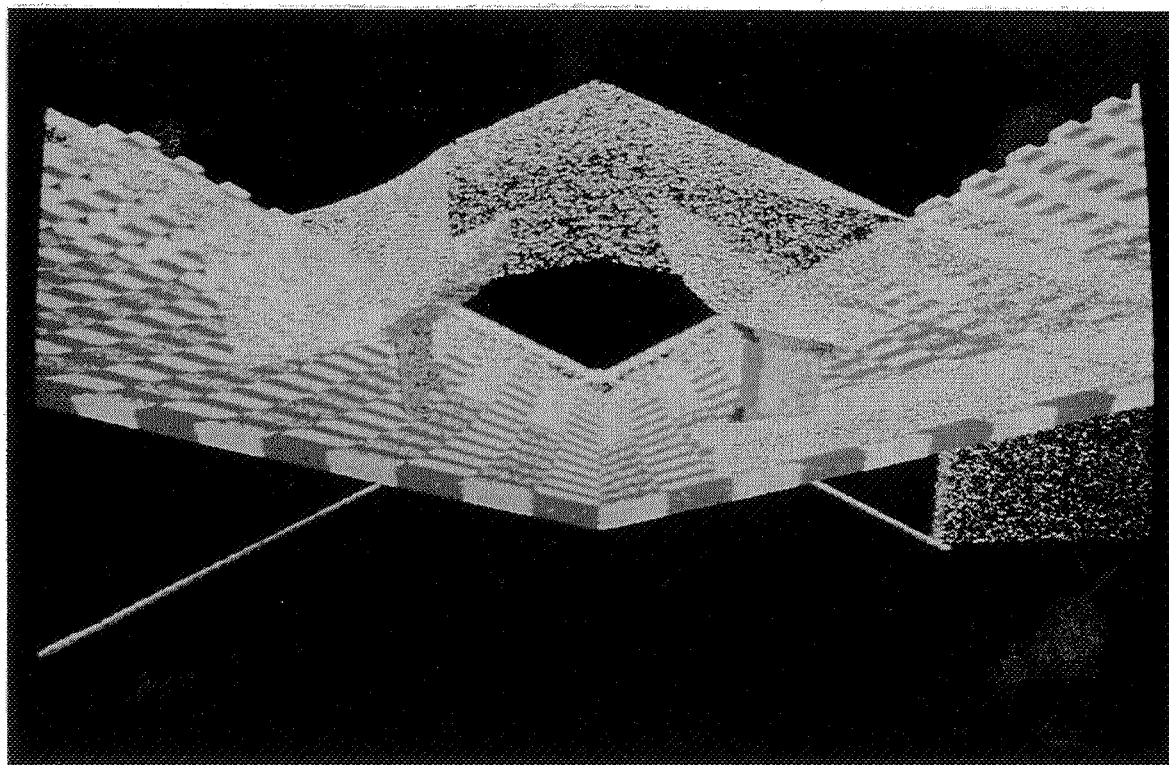
Scène inspirée d'Isenmann en particules; projection hyperbolique.



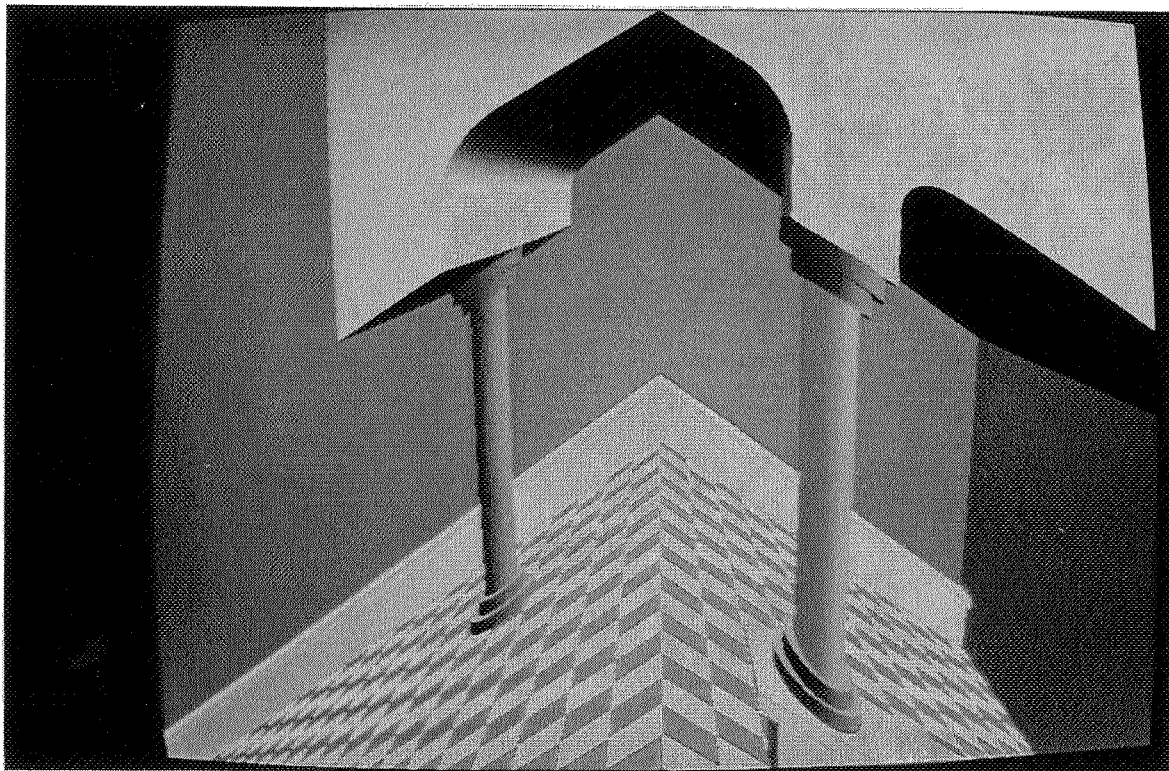
Scène inspirée d'Isenmann en particules; projection hyperbolique.



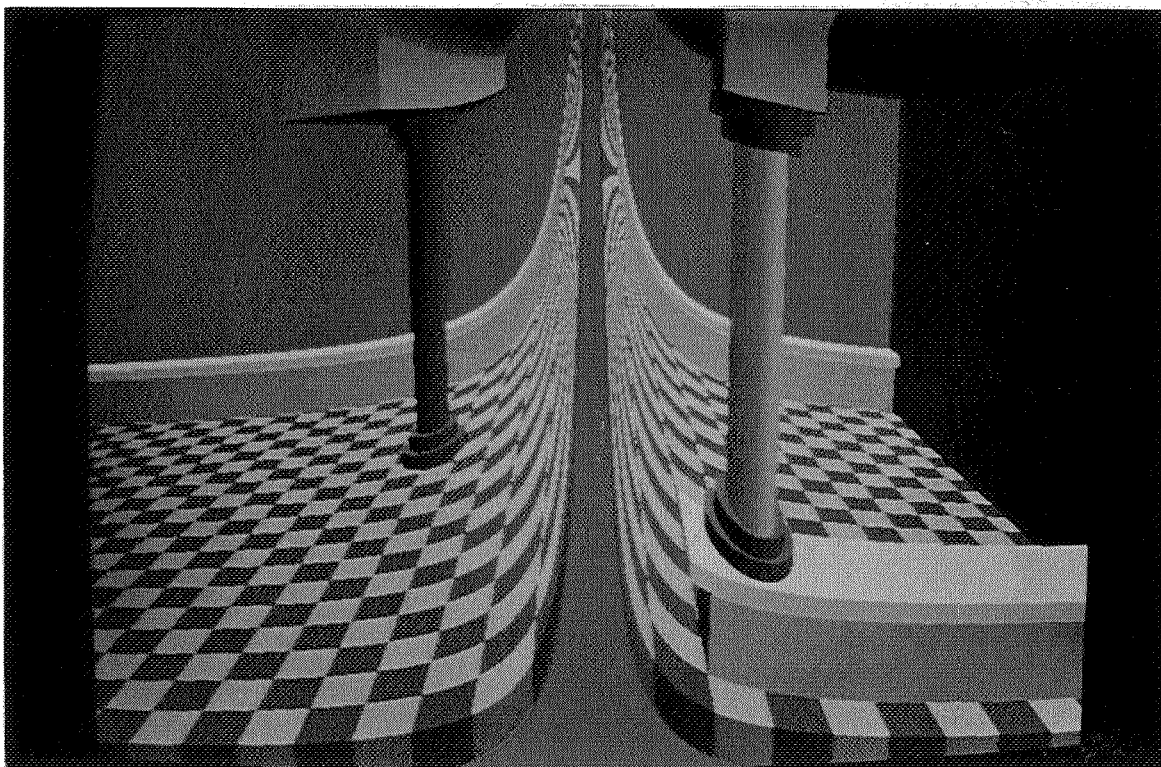
Scène inspirée d'Isenmann en particules; projection contrôle diminution-profondeur.



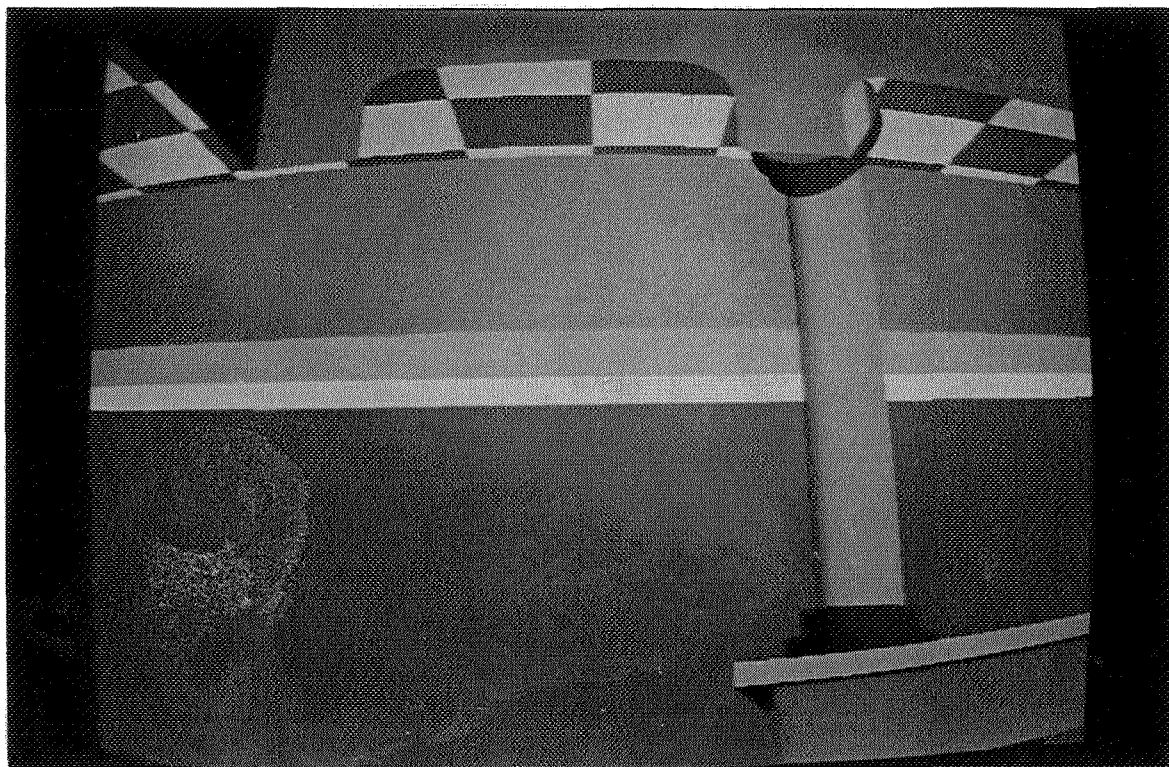
Scène inspirée d'Isenmann en particules; projection à faisceaux croisés.



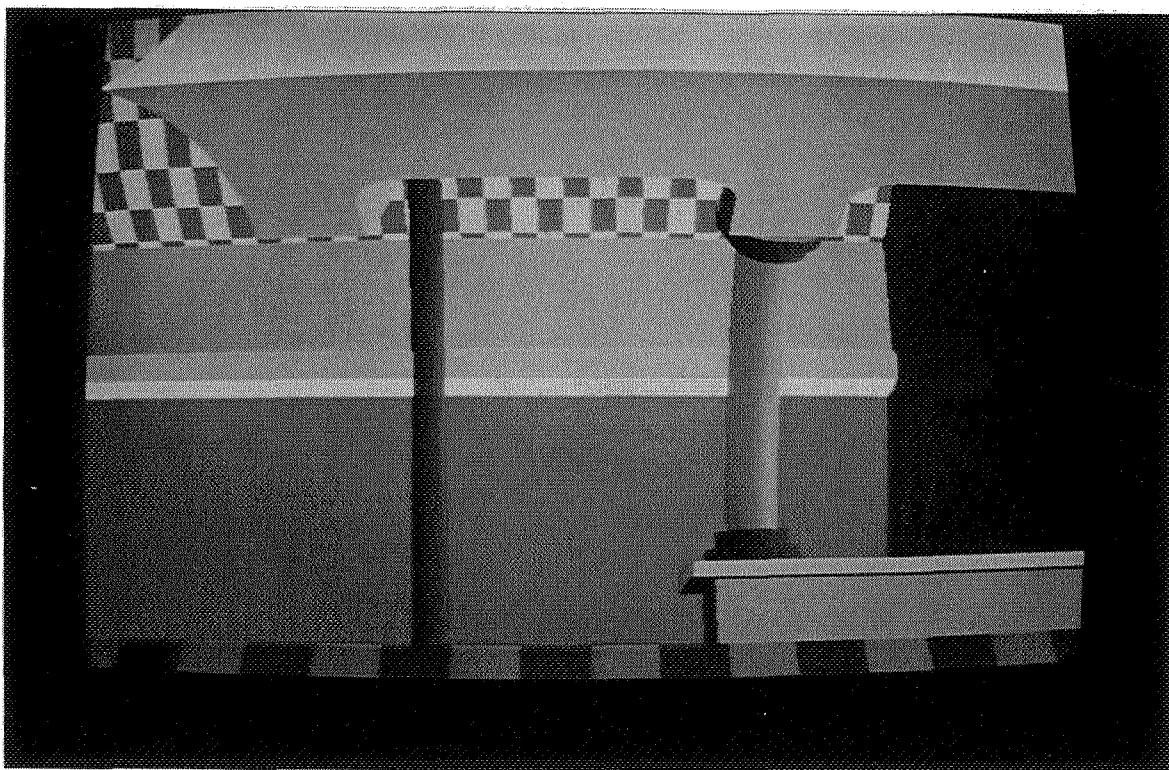
Scène inspirée d'Isenmann en tracé de rayon; projection en arête de poisson.



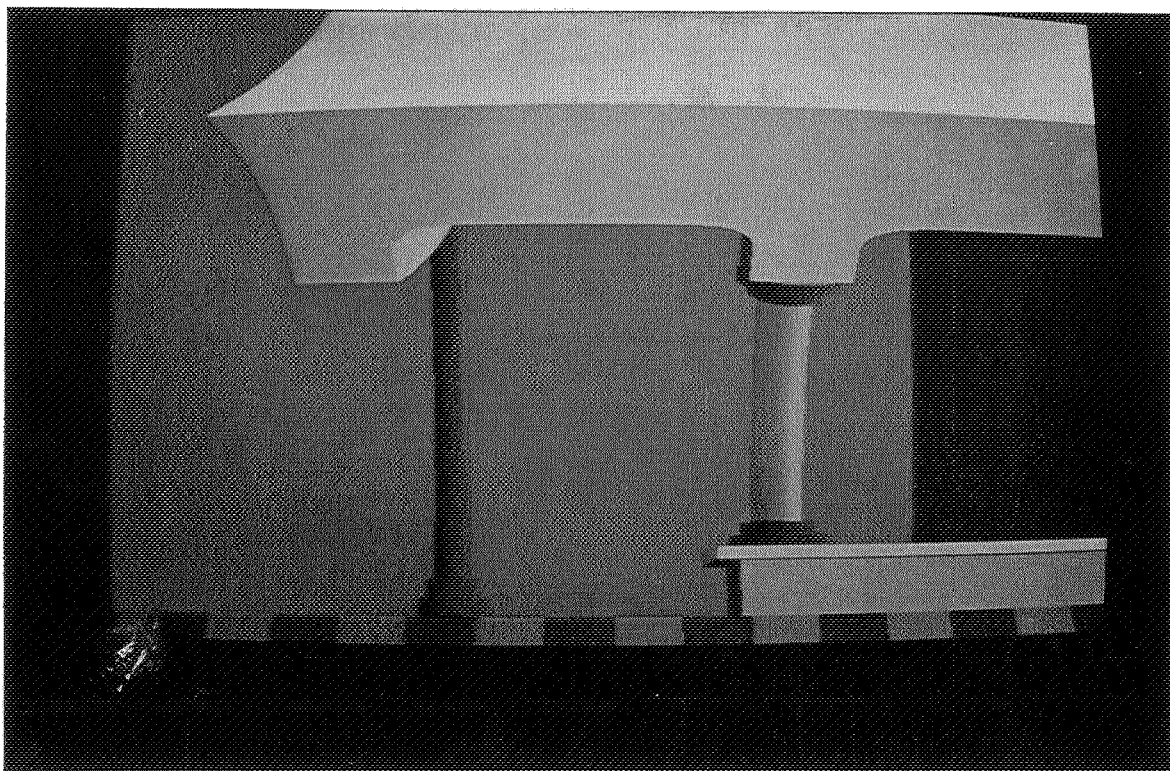
Scène inspirée d'Isenmann en tracé de rayon; projection hyperbolique.



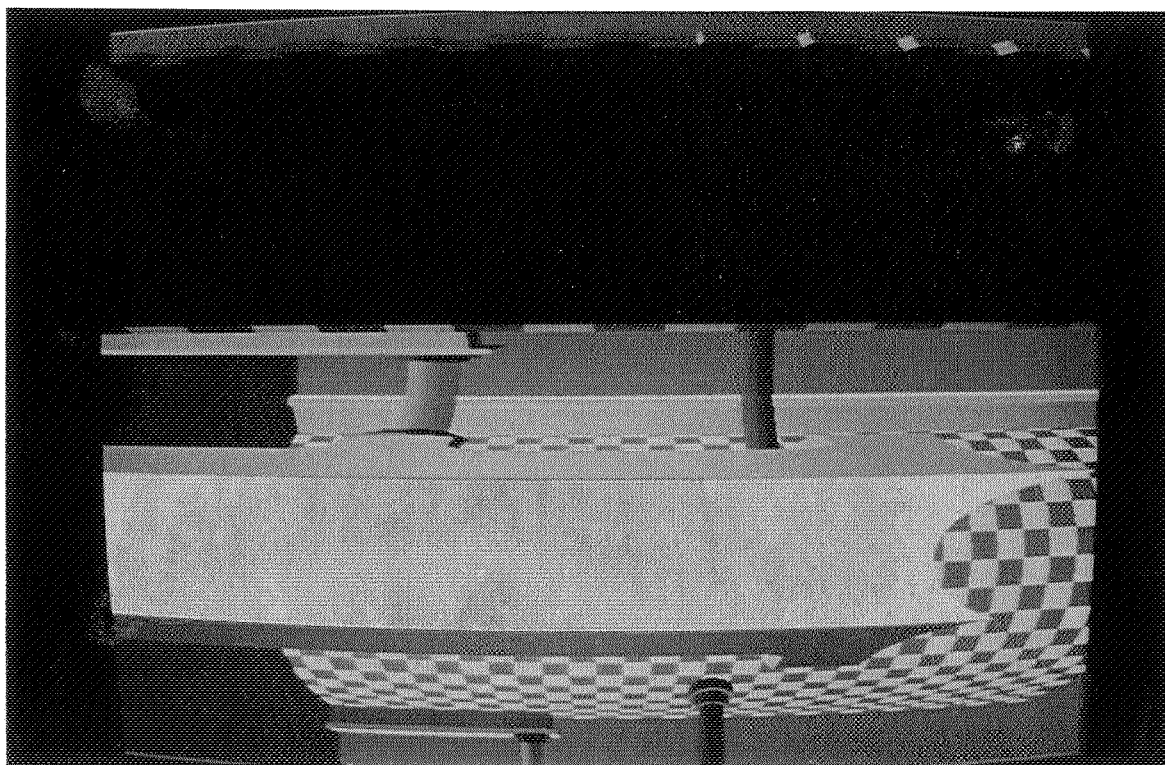
Scène inspirée d'Isenmann en tracé de rayon; projection quart-cylindrique



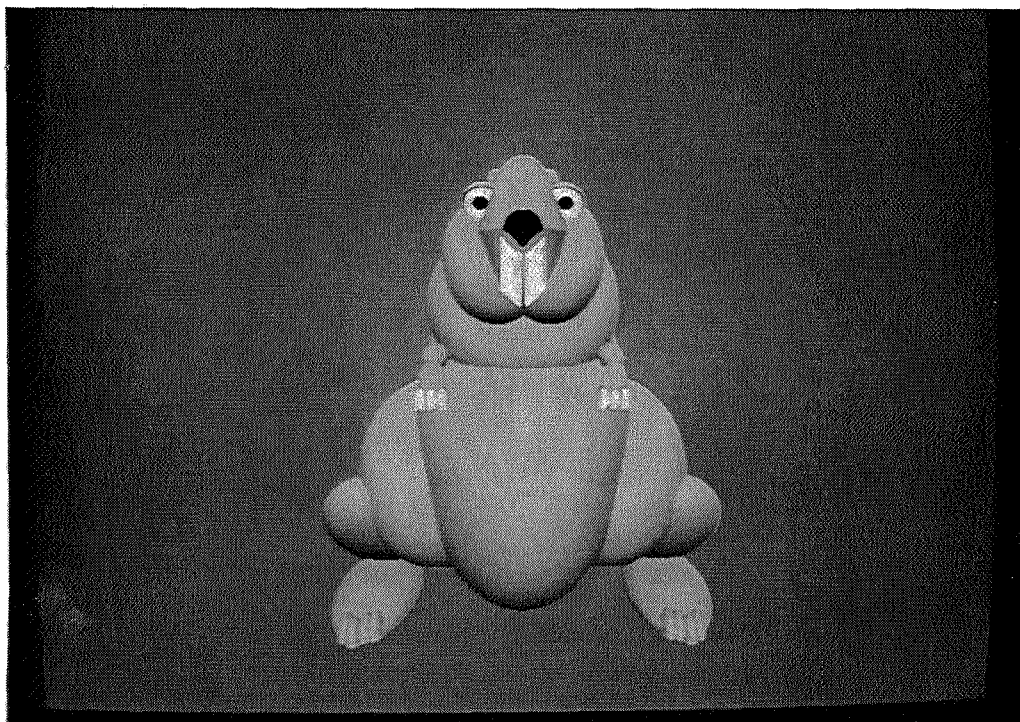
Scène inspirée d'Isenmann en tracé de rayon; projection héli-cylindrique..



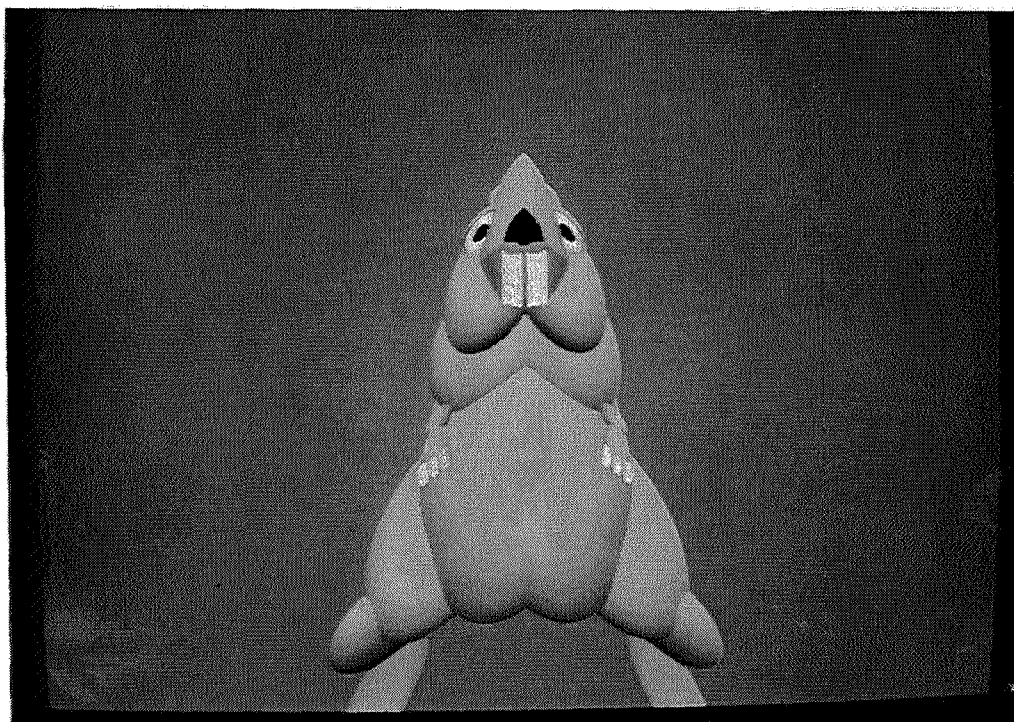
Scène inspirée d'Isenmann en tracé de rayon; projection cylindrique avec petit angle de rotation.



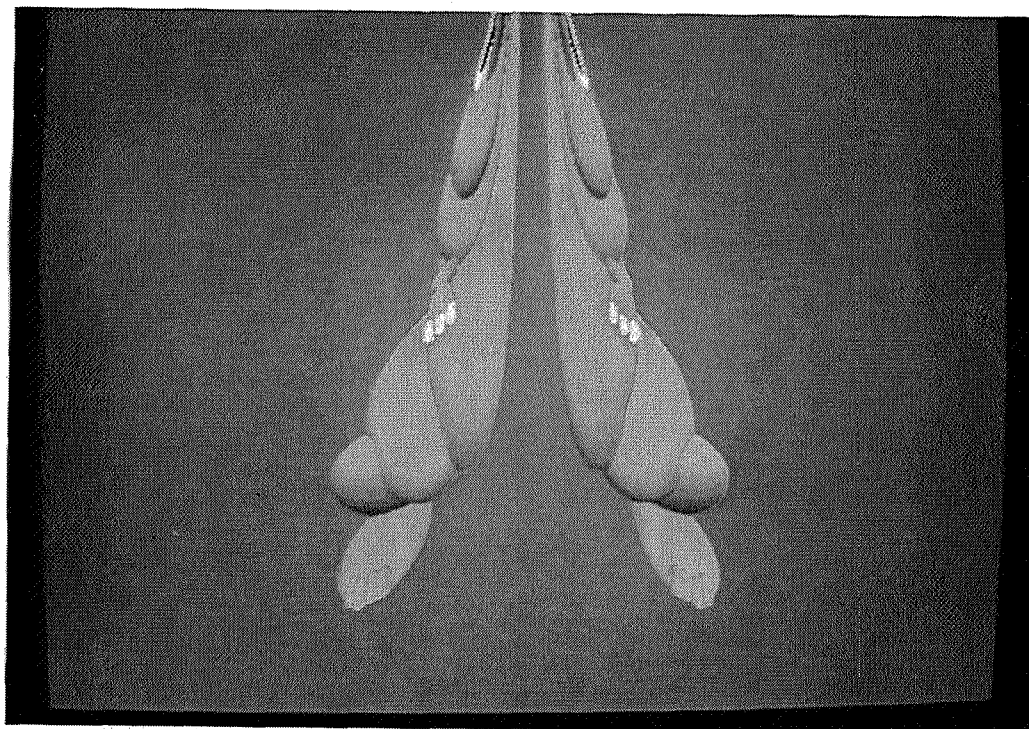
Scène inspirée d'Isenmann en tracé de rayon; projection cylindrique.



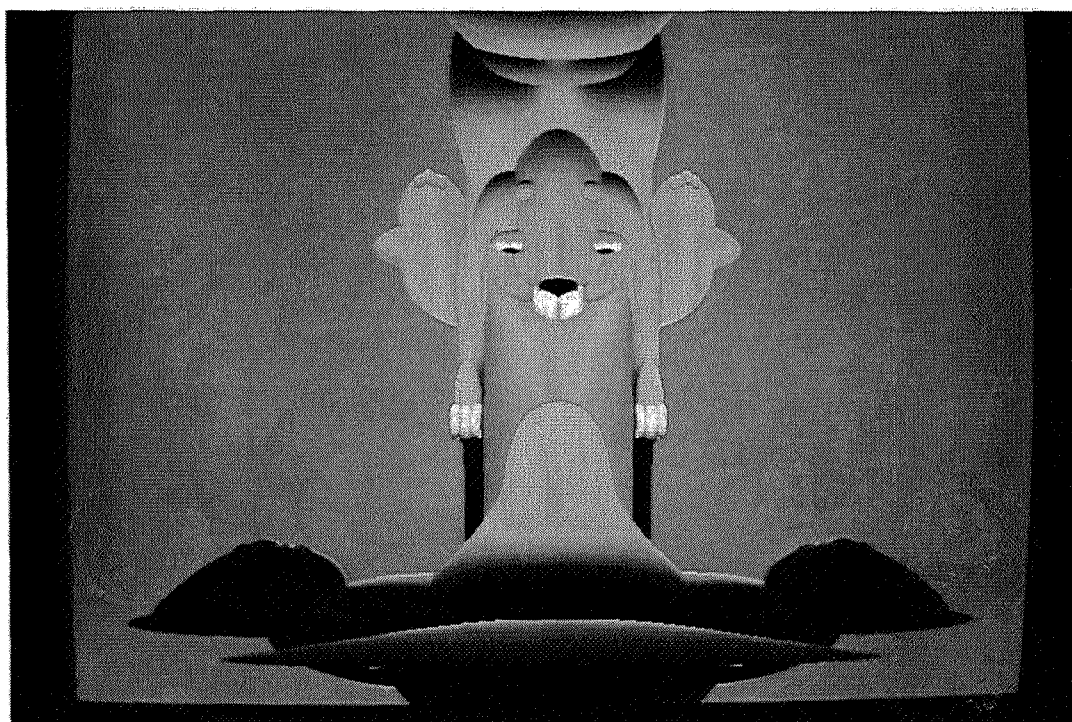
Castor en tracé de rayon; projection conique, *perspectiva artificialis*



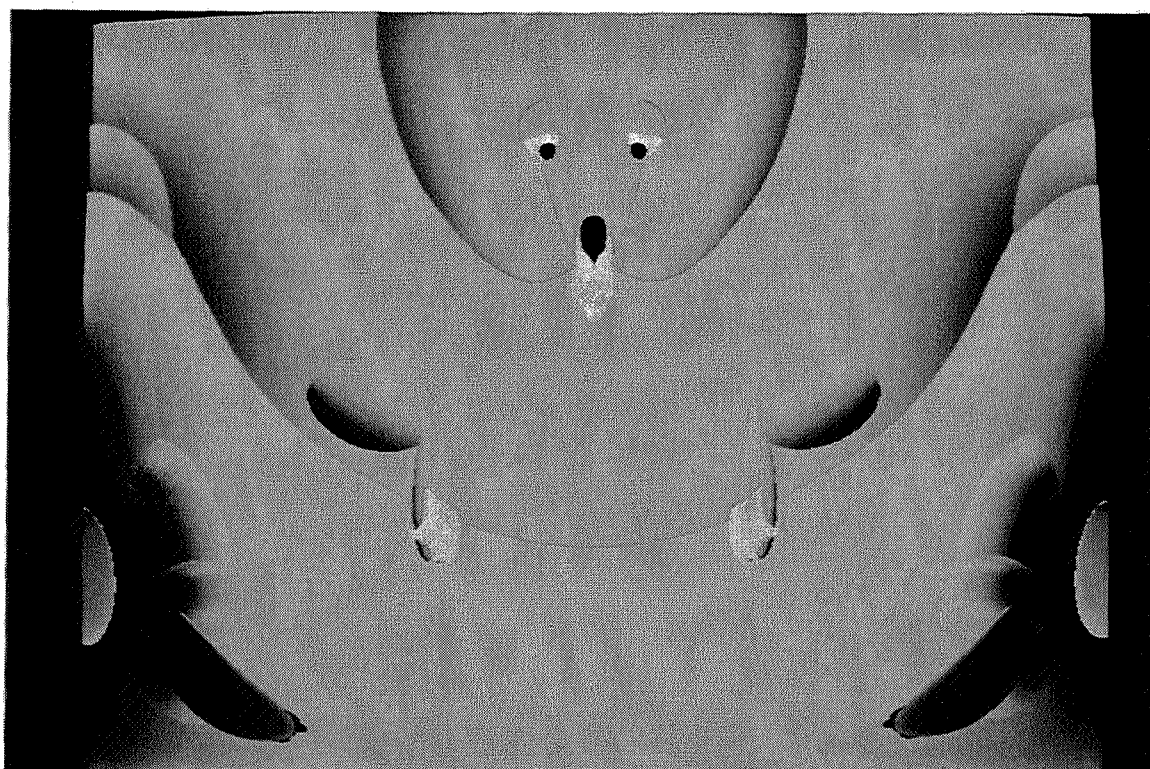
Castor en tracé de rayon; projection en arête de poisson..



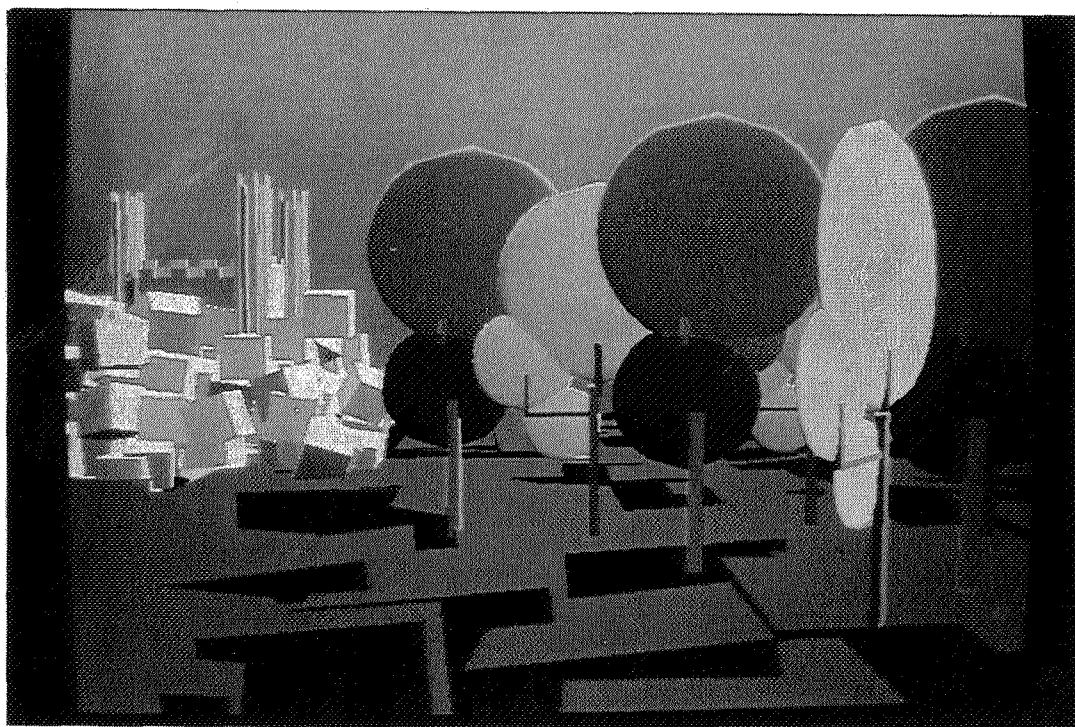
Castor en tracé de rayon; projection hyperbolique.



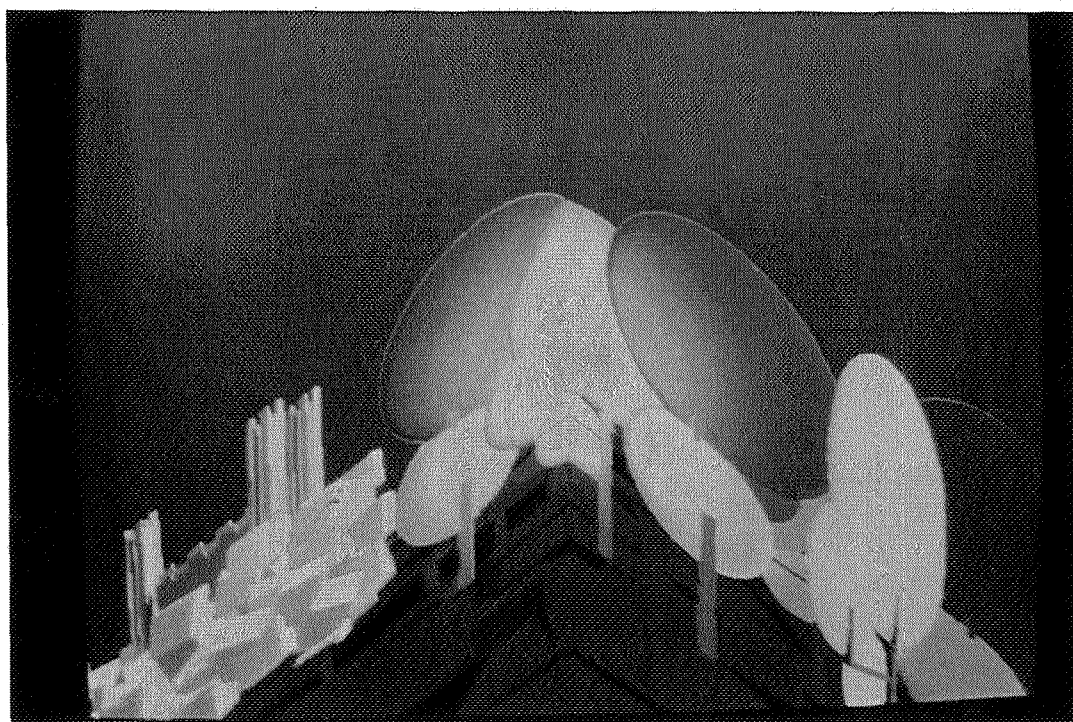
Castor en tracé de rayon; projection cylindrique.



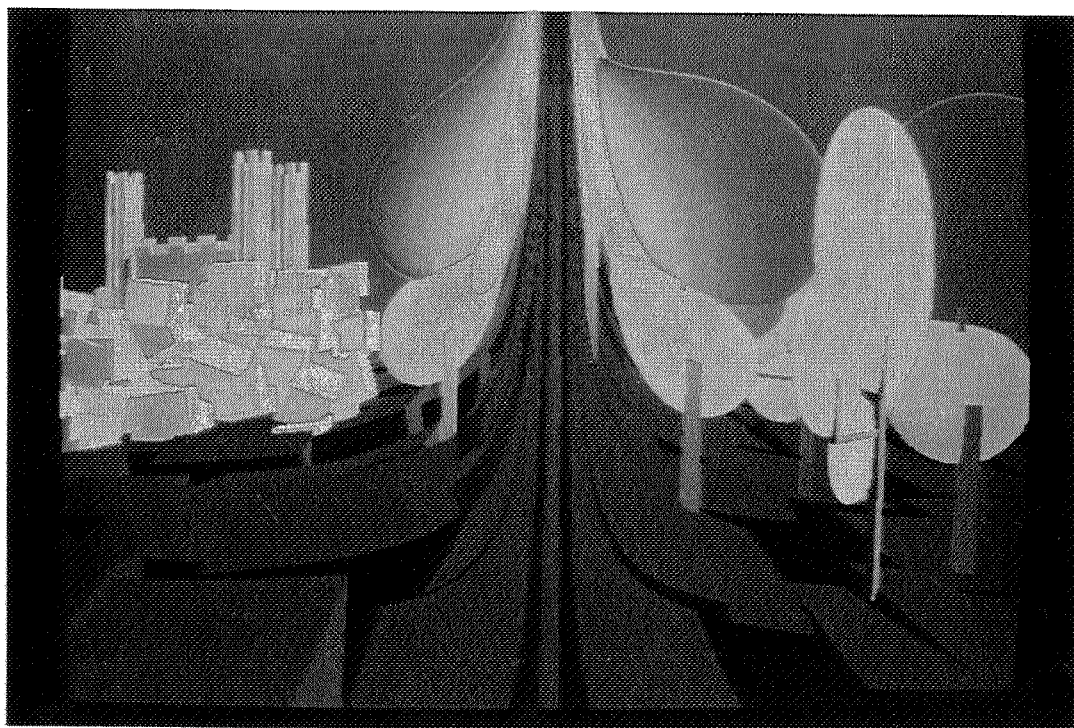
Castor en tracé de rayon; projection boulique.



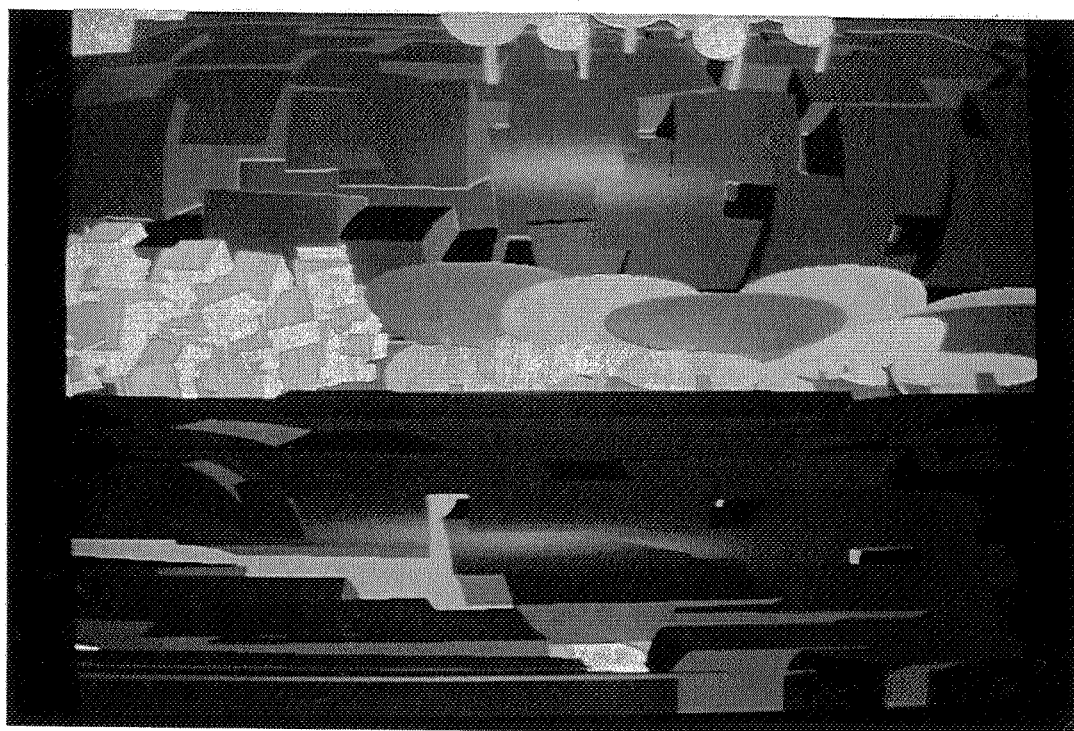
Scène château en tracé de rayon; projection conique, *perspectiva artificialis*



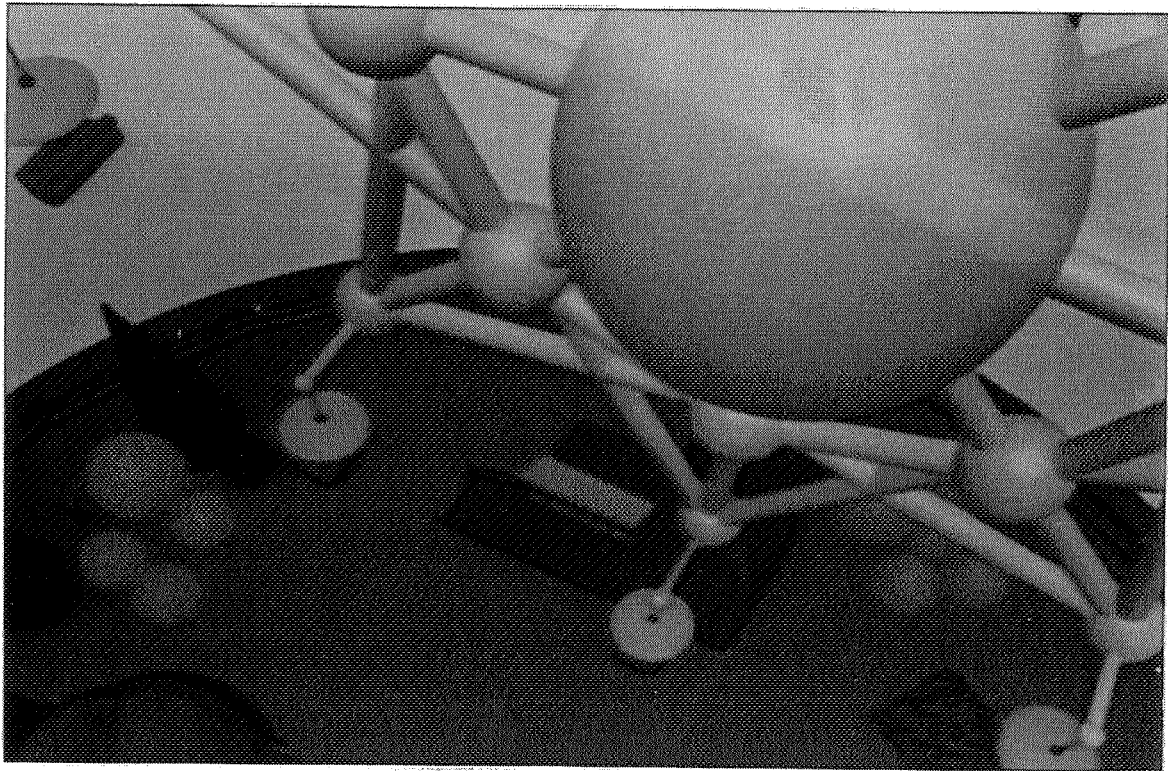
Scène château en tracé de rayon; projection en arête de poisson..



Scène château en tracé de rayon; projection hyperbolique.



Scène château en tracé de rayon; projection cylindrique.



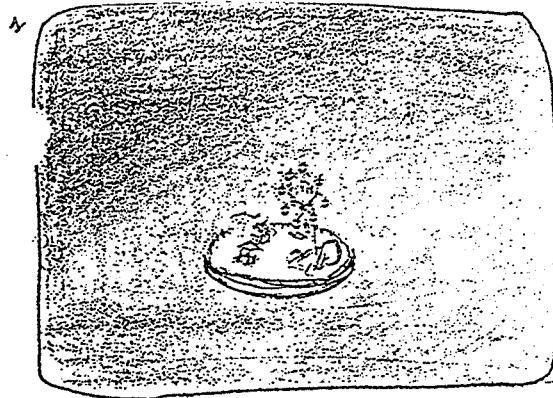
Scène film en tracé de rayon; projection conique, *perspectiva artificialis*.



Scène film en tracé de rayon; projection boulique.

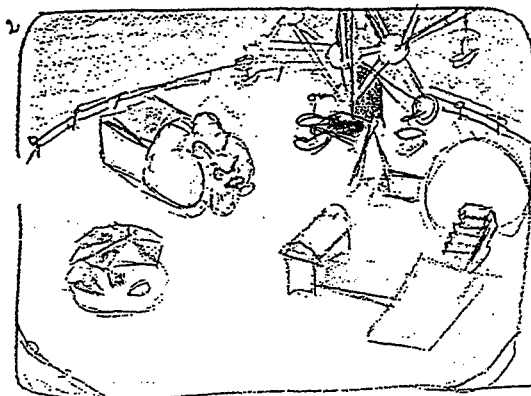
ANNEXE C

Scénario du film réalisé avec les différentes projections.



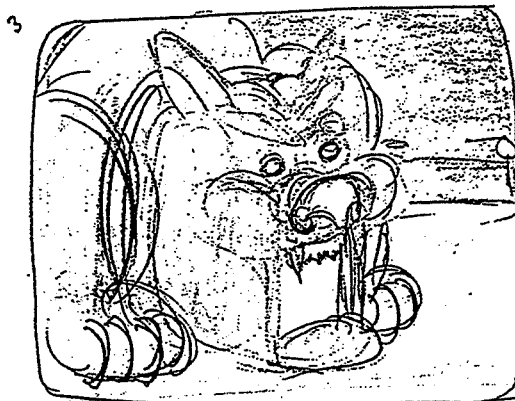
VUE EN PLONGÉE DE LA FÊTE FORAÎNE.
TRAVELING AVANT SUR CE PLONGÉE.
(la jeune femme aime que le manège).

5"



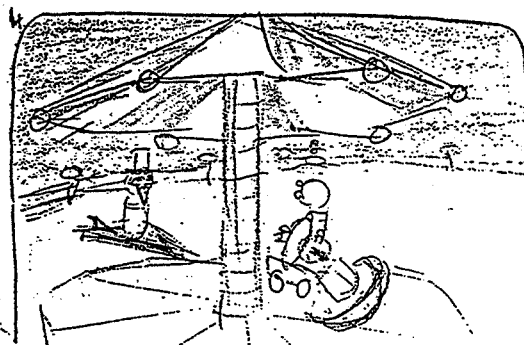
GROS PLAN SUR LA FÊTE FORAÎNE.

4"



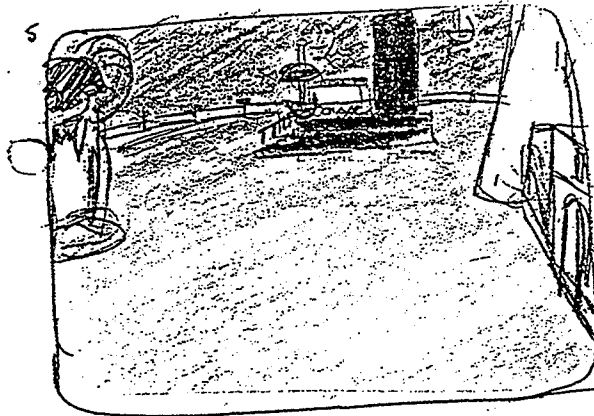
PLAN RAPPROCHÉ SUR LE MONSTRE.
CAMERA TOURNE VERS LE MANÈGE,
PUIS S'AVANCE VERS LE MANÈGE.

7"



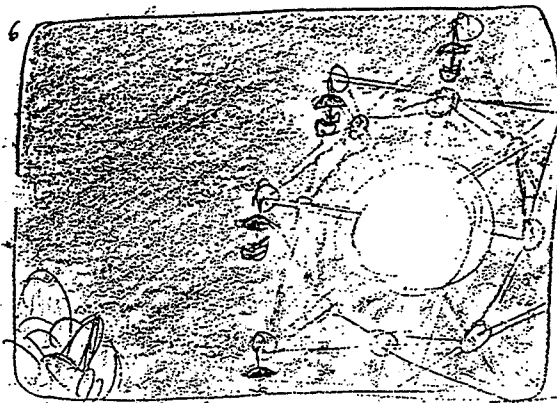
LE MANÈGE TOURNE.

M 1



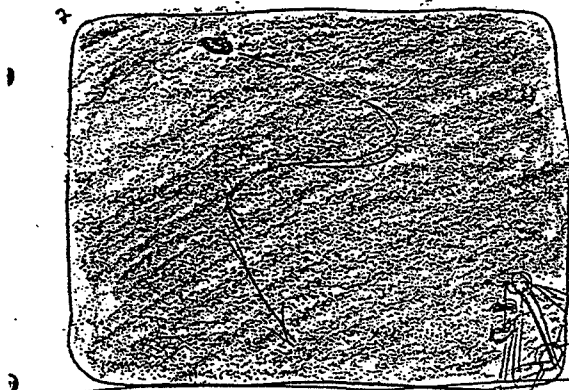
LE REGARD SE TOURNE VERS LA
SCÈNE DANS SON ENSEMBLE -
(SANS SE DÉPLACER PAR RAPPORT À
SA POSITION PRÉCÉDENTE)

3''+2''



LE REGARD SE TOURNE VERS
LE CIEL.

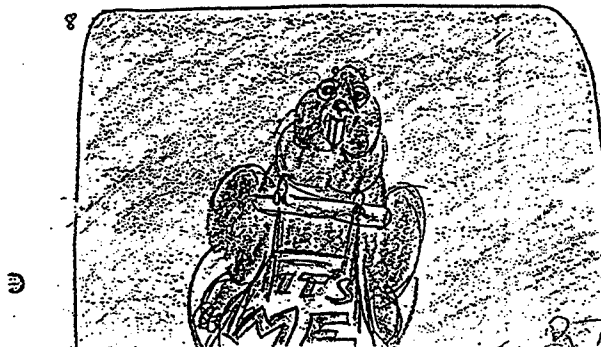
5''



AU LOIN, DANS LE CIEL, ARRIVE LE
CASTOR...

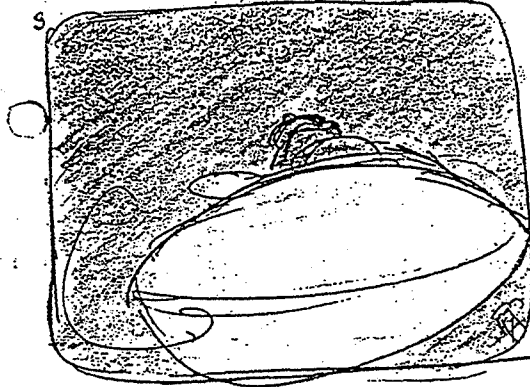
LA CAMERA NE BOUGE PAS,
AVEC DES VIRAGES, TYPE SURF,
IL FONCE SUR LA CAMERA, SUR
SON BOB,

9''



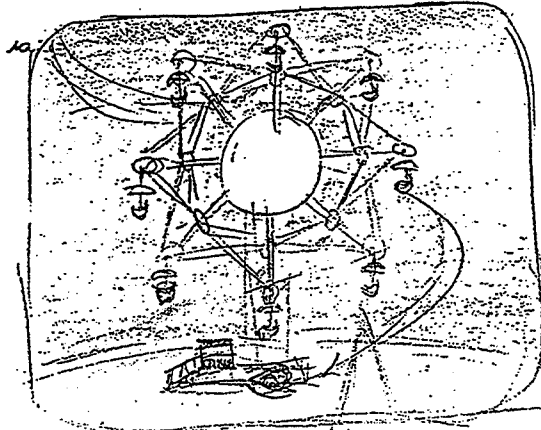
PL 2

3''



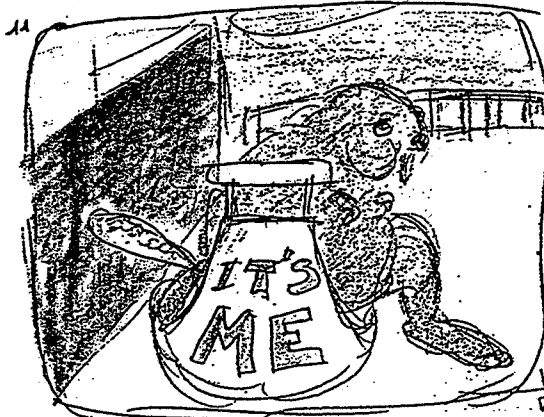
EFFECTUE UN VIRAGE A LA
DERNIERE SECONDE, ET REPARTS
EN DIRECTION DE LA FÊTE FORAINE

2



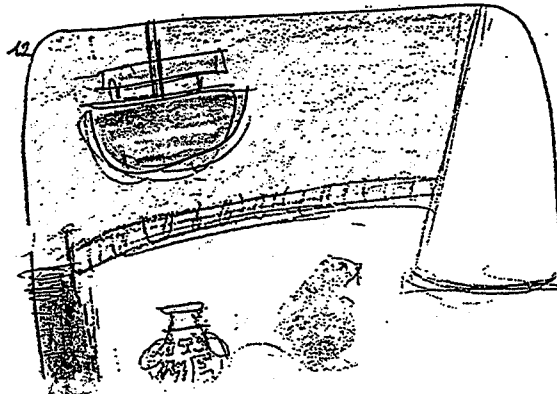
PUIS IL ATTERRIT DANS LA FÊTE
FORAINE.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES
DE SAINT-ETIENNE
SIMADE
158 cours Fauriel
42023 SAINT-ETIENNE cedex 2
tél. 77 42 01 23



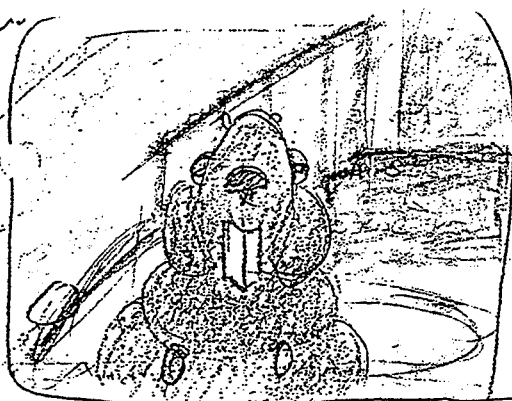
IL DESCEND DE SON BOB.

200m ARRIERE



Vue GENERALE DU CASTOR DANS LA
FÊTE FORAINE.

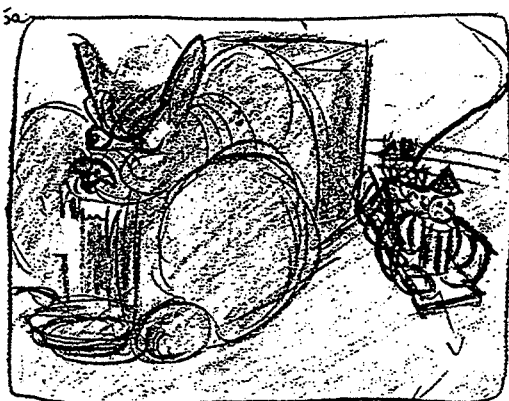
P13



GROS PLAN SUR LA TÊTE DUCASTOR.



IL TOURNE LA TÊTE VERS LE MONSTRE.



LE CASTOR REGARDE EN DIRECTION
DU MONSTRE; UN TRAINEAU DE
CLOWN ARRIVE.

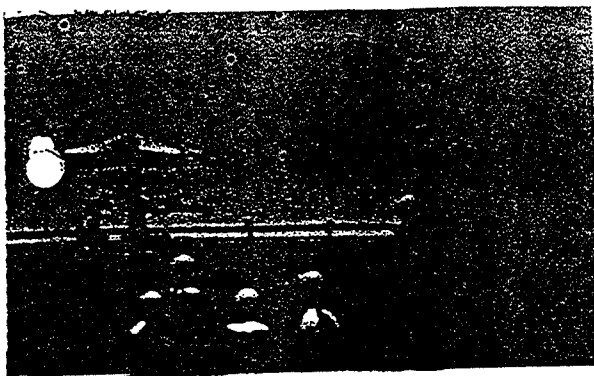
(PT DE VUE DU CASTOR)



LES CLOWNS SE DIRIGENT VERS
L'ENTRÉE DE LA GUEULE DU
MONSTRE.

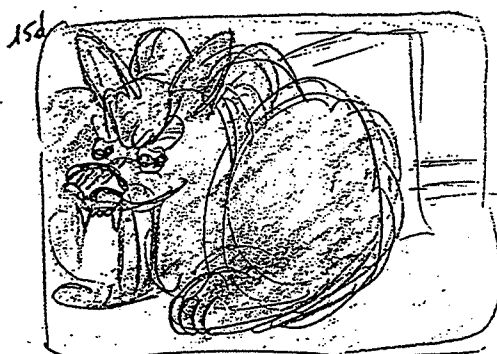
(PT DE VUE DUCASTOR).

A 4



LES CLOWNS PENETRENT DANS
LE MONSTRE.

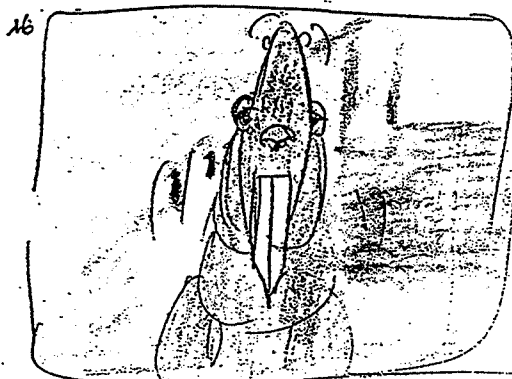
(PT DE VUE DU CASTOR)



VUE DU MONSTRE A PARTIR DU
POINT DE VUE DU CASTOR.

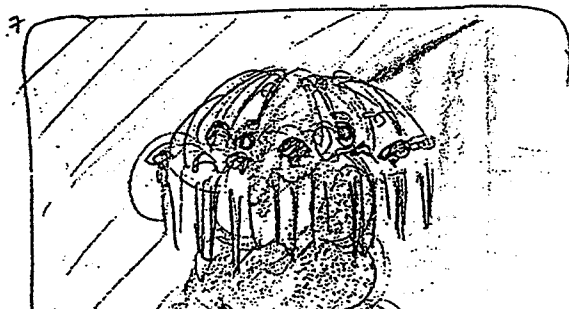
LE MONSTRE TOURNE LES YEUX VERS LE
CASTOR. FAIT DE L'OEIL AVEC SES
SOURCILS.

411



DANS UN HOQUET (DEFORMATION: ALLONGE-
MENT VISAGE & CORPS) LE CASTOR
VERDIT, STYLE HAUT-LE-COEUR,
VASCULE UN PEU.

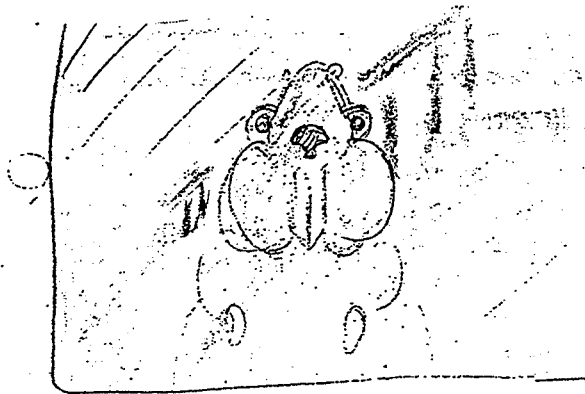
311



LE CASTOR AGITE LA TÊTE DE DROITE A DE
GAUCHE POUR REPRENDRE SES ESPRITS.

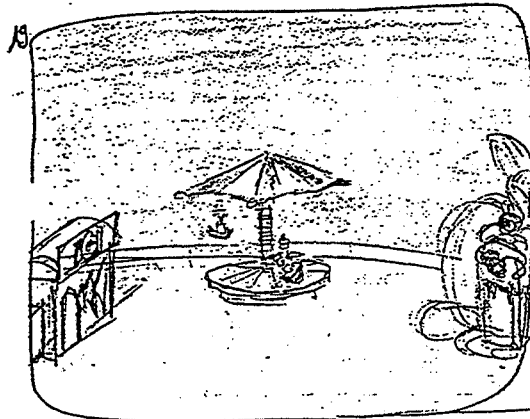
[AS]

11/30



LE CASTOR FIXE LE MANÈGE DROIT
DEVANT LUI.

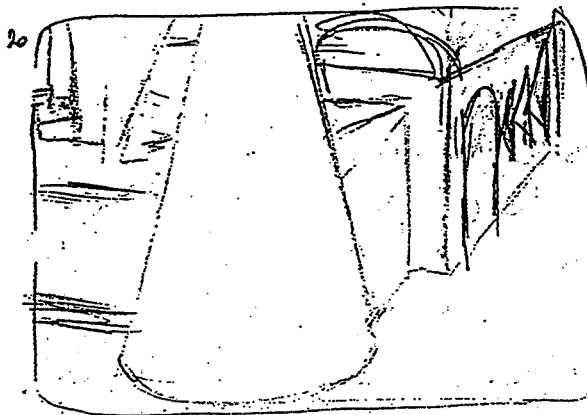
130



VUE SUR LE MANÈGE.
ZOOM AVANT (LÉGER)

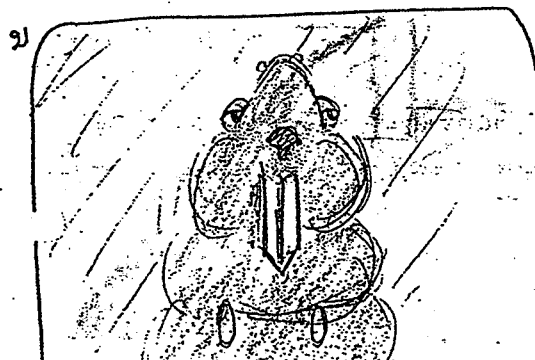
PUIS LA CAMERA TOURNE VERS LA
CABANE ICI

71



REGARD SUR LA CABANE.

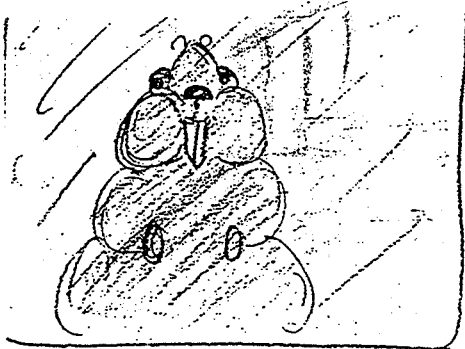
311



LE CASTOR REGARDE DU CÔTÉ
DU LABYRINTHE.

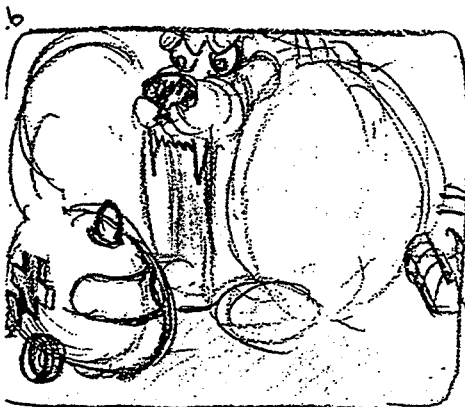
PI 6

211

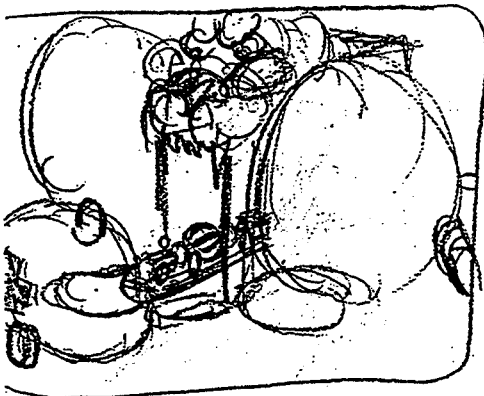


EST A NOUVEAU ATTIRÉE DU
CÔTÉ DU MONSTRE .

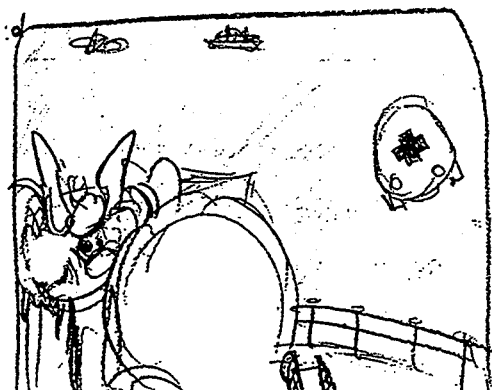
(ATTENTION DÉTOURNÉE PAR L'ÉCART
DE L'AMBULANCE).



UNE AMBULANCE EST ARRIVÉE DEVANT
L'ENTRÉE DU MONSTRE .

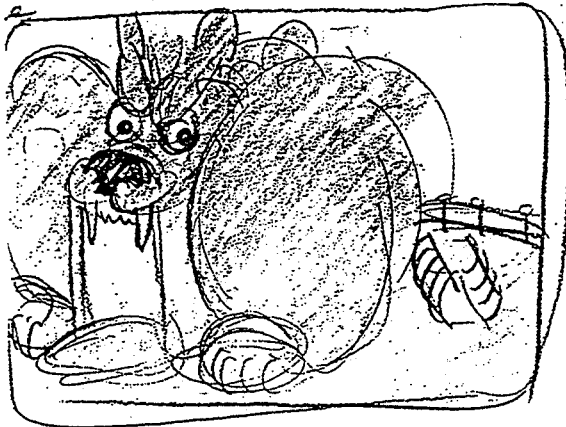


SUR UNE CIVIÈRE, LES CLOUS RESSORTENT
LES PIEDS DEHORS, ET SON DIRIGÉ DANS
L'AMBULANCE .

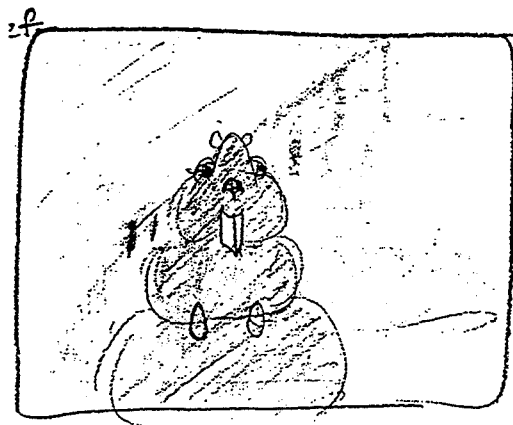


L'AMBULANCE S'EN VA .
(OBJETS VOLANTS DANS LE CIEL).

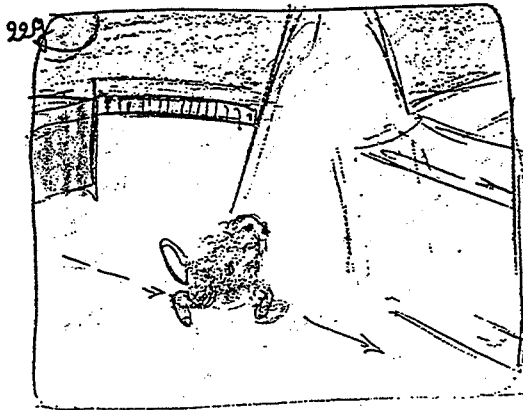
117L



MONSTRE
LE CASTOR TOURNE A NOUVEAU LES
YEUX VERS LE CASTOR.

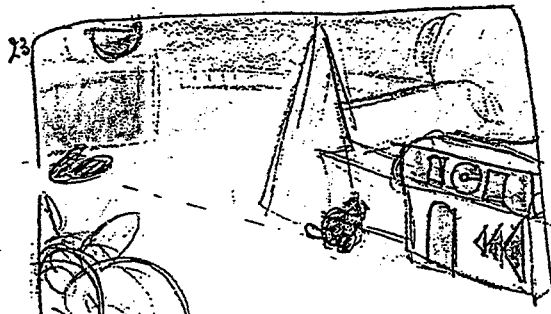


LE CASTOR DETOURNE VITE SON
REGARD DU MONSTRE, POUR LE TOURNER
DU CÔTÉ DU LABYRINTHE.



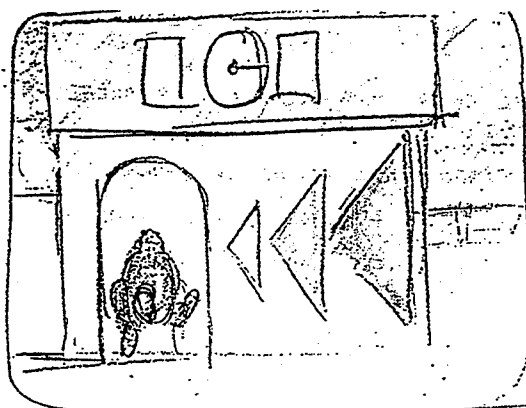
VUE GÉNÉRALE DU CASTOR
QUI SE DIRIGE VERS ENTRÉE
LABYRINTHE.

9"



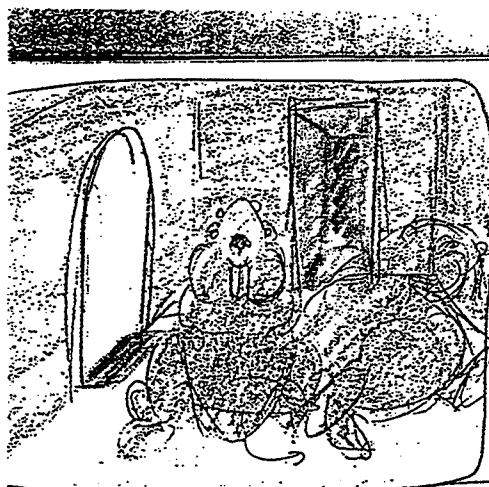
VUE PLUS GÉNÉRALE DU CASTOR
QUI VA RENTRER DANS LE
LABYRINTHE.

19 8" 6"



LE CASTOR PÉNÈTRE DANS
LE LABYRINTHE.

3"

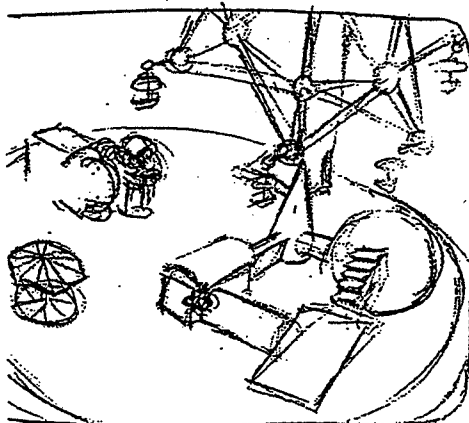


INTÉRIEUR VIOLET - SOL BLANC
PORTE ROUGE..

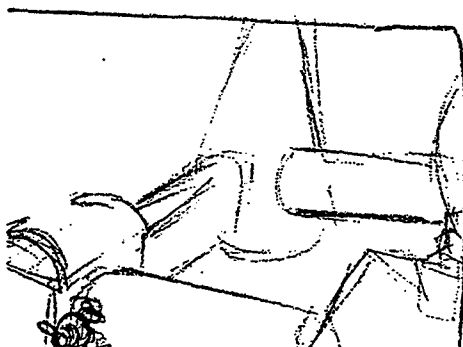
LE CASTOR AVANCE,

PUIS TOURNE POUR PÉNÉTRER DANS
LE LABYRINTHE, À DROITE.

7"

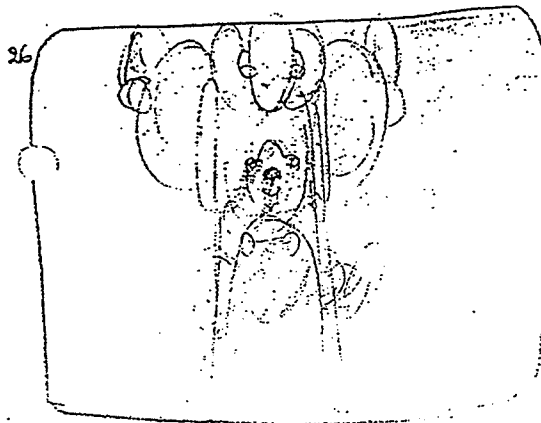


VUE GÉNÉRALE, AVEC LE
CASTOR OU EN LÉGÈRE TRANSPARENTCE
À TRAVERS LE LABYRINTHE.
IL EST EN TRAIN DE PÉNÉTRER DANS
LA ZONE HÉMICYLINDRIQUE.



PLAN RAPPROCHÉ SUR LE LABYRINTHE,
LE CASTOR PÉNÈTRE DANS LA ZONE.

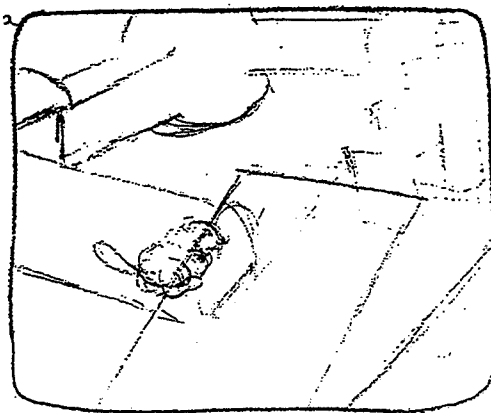
119



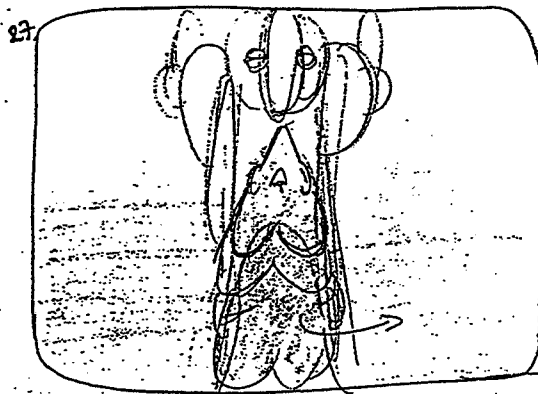
LE CASTOR AVANCE DANS LA PREMIERE PARTIE. FOND BLEU.

INTERPOLATION ENTRE LE CASTOR NORMAL ET LE CASTOR EN PERSPECTIVE HEMICYCLOPEDIQUE, LORSQUE CELUI-CI AVANCE DANS LE COULOIR.

ZOOM ARRIERE POUR SUIVRE L'AVANCEMENT DU CASTOR. 3" + 9"

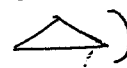


VUE DU CASTOR QUI PENETRE DANS LA PARTIE TRIANGULAIRE DU LABYRINTHE.

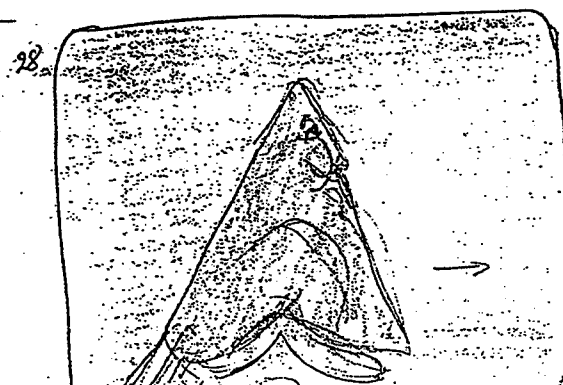


INTERPOLATION ENTRE LE CASTOR HEMICYCLOPEDIQUE ET LE CASTOR FOIS.

FOND BLEU → VERT.

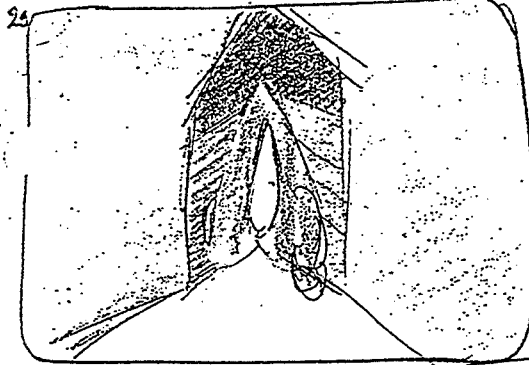
(LE CASTOR A PENETRE DANS L'ESPACE: )

5" + 6"



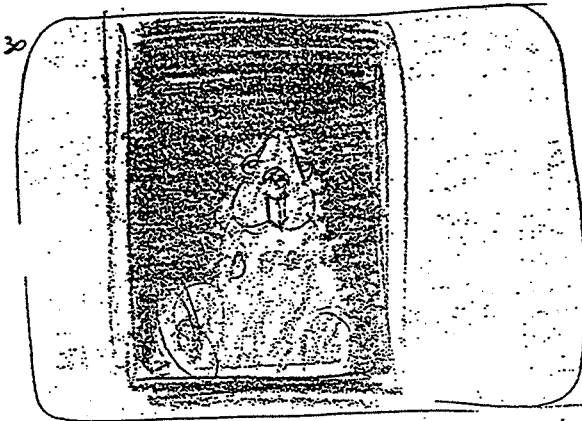
IL TOURNE VERS LA DROITE.

19 10 4"



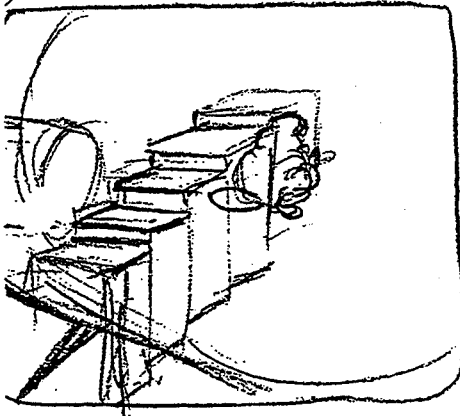
VUE DU CASTOR DE DOS QUI VA
VERS LES ESCALIERS.

3"



VUE DE FACE DU [CASTOR-CLAS] QUI MONTE
L'ESCALIER. (NOIR, MARCHES ROUGES).

5"



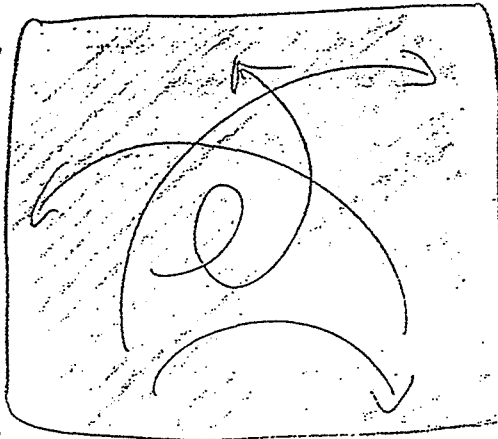
VUE GENERALE DU CASTOR
QUI PENÈTRE DANS LA SPHERE.



LE CASTOR PENÈTRE DANS LA
BOULE. INTERPOLATION
[CASTOR-CLAS] → [CASTOR-BOUL].

19 11 3"

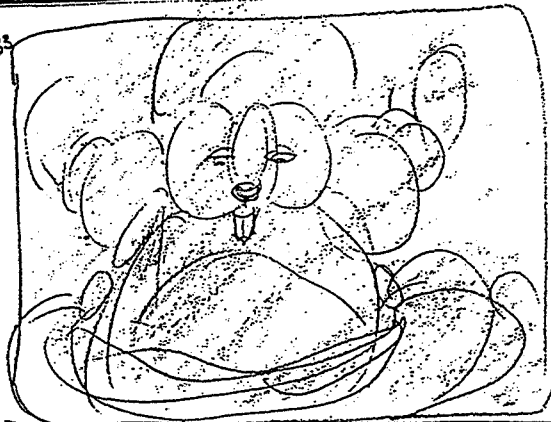
32



LE CASTOR
REBONDIT DE PART ET D'AUTRE
DE L'IMAGE.

9"

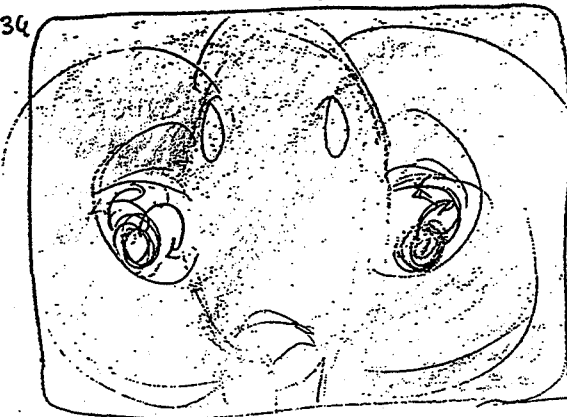
33



LE CASTOR CESSE DE REBONDIR.
IL S'IMMOBILISE.
[CASTOR-BOUL].

2"

34



GROS PLAN SUR LA TÊTE DU
CASTOR - [TÊTE-BOUL]. IL A LES
YEUX QUI TOURNENT DANS TOUS LES
SENS.

4"

35

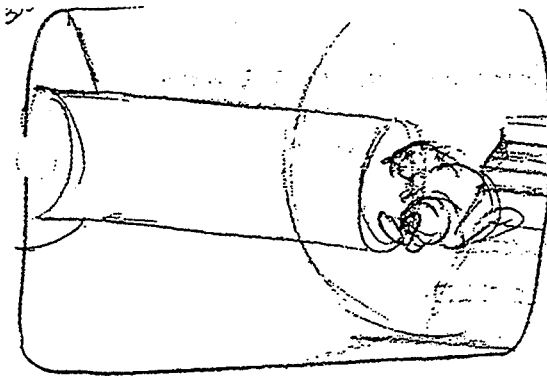


LE CASTOR TOURNE VERS LA GAUCHE
POUR REPARTIR, ET SORTIR DE LA
SPHERE.

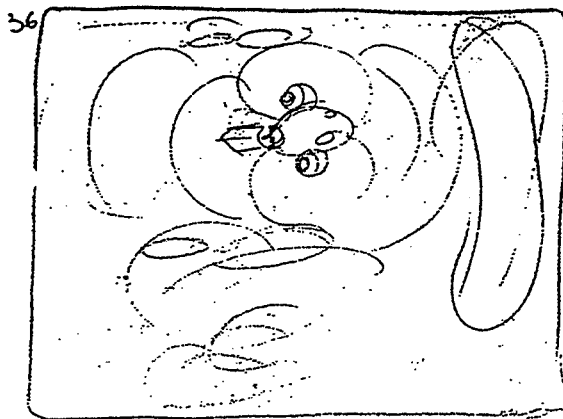
[CASTOR-BOUL].

ROMAN ROMAN

11 12

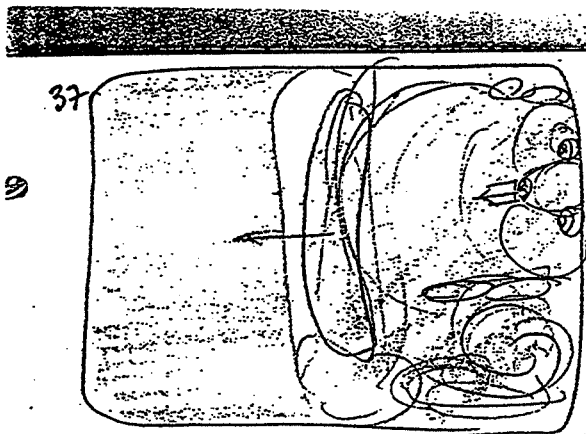


VUE GÉNÉRALE DU CASTOR
QUI PÉNÈTRE DANS LE CYLINDRE.



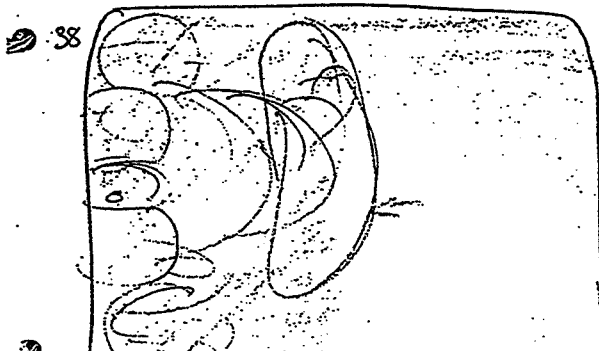
LE CASTOR PÉNÈTRE DANS LE CYLINDRE.
INTERPOLATION [CASTOR.BOUL] → [CASTOR.CY]
FOND BLEU → FOND OR.

411

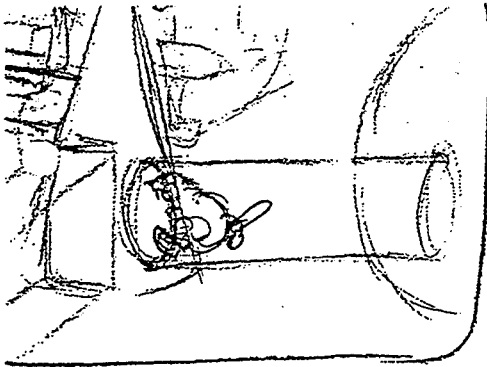


LE CASTOR SE DÉPLACE DANS LE
CYLINDRE. VA DE GAUCHE VERS
LA DROITE.

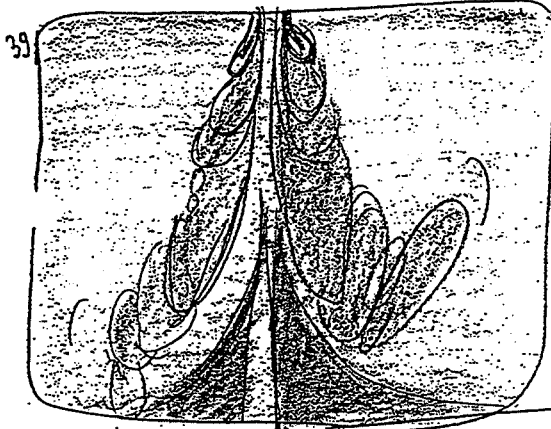
411



10113



VUE GENERALE DU LABYRINTHE,
AVEC LE CASTOR QUI ENTRE
DANS LE CÔNE .

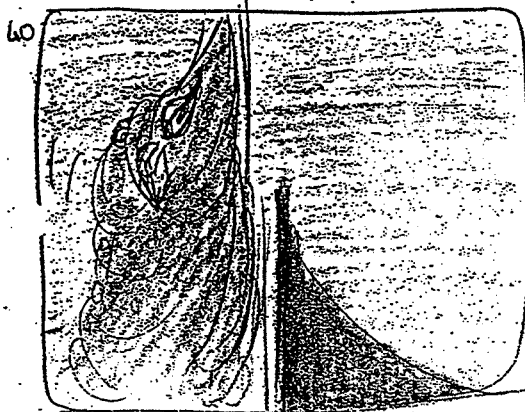


PENETRE DANS LE CÔNE (ROUGE .
VUE DU CASTOR DE FACE .

[CASTOR . HYP]

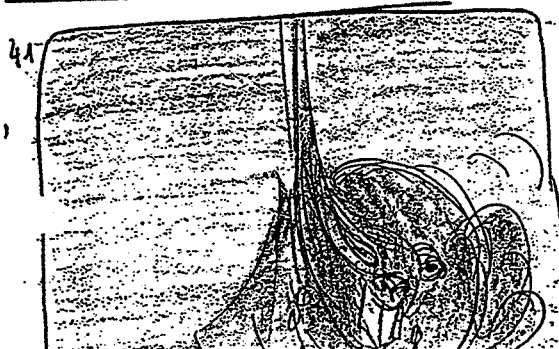
LE CASTOR S'AVANCE ...

24



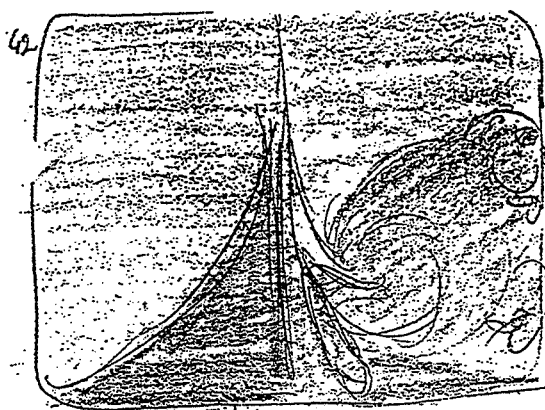
... ET COME AVEC LA PERSPECTIVE .
(SORTE DE DANSE) .

3"



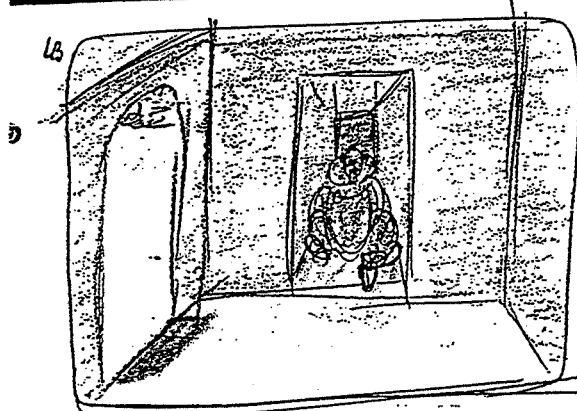
IL DANSE,

1914 ...



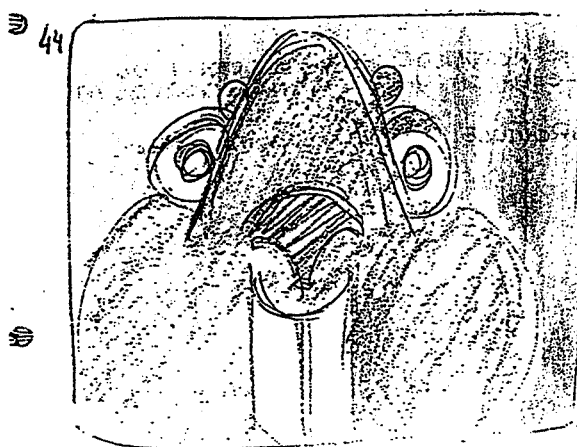
PUIS SE TOURNE ET S'EN VA.
SORT DE L'ÉCRAN PAR LA DROITE.

41'



LE CASTOR REVIENT À
LA CASE DÉPART.

54'



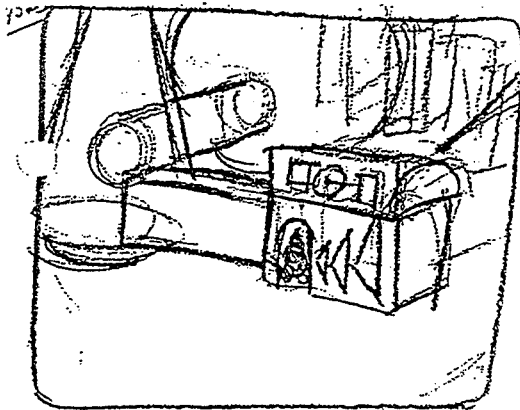
GROS PLAN SUR LA TÊTE DU CASTOR.
EXPRESSION DE COLE.

21'

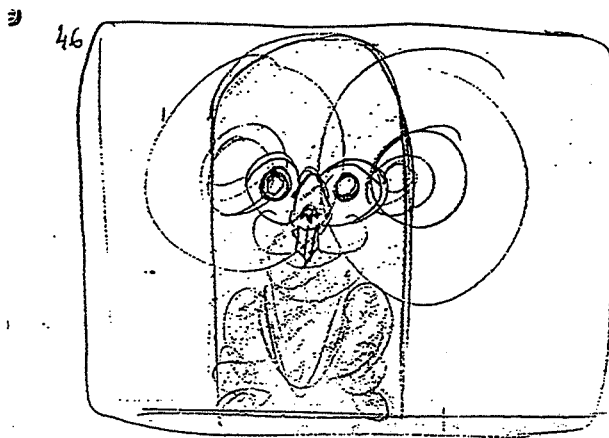


LE CASTOR SE TOURNE ET SE
DIRIGE VERS LA SORTIE.

1015



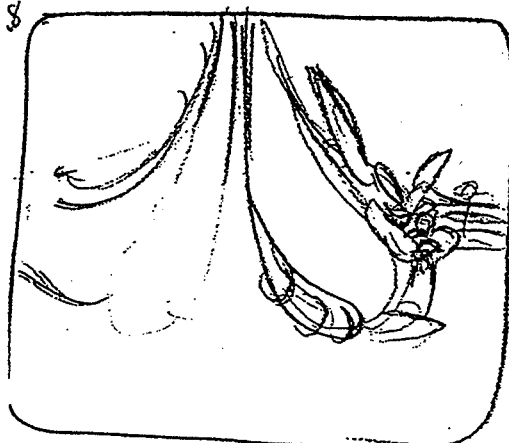
VUE GENERALE DU CASTOR
QUI SETOURNE VERS LA
SORTIE.



VUE DU CASTOR QUI SORT DU
LABYRINTHE.

SES YEUX DEVIENNENT ENORMES
ET SORTENT DE SA TÊTE.

6"

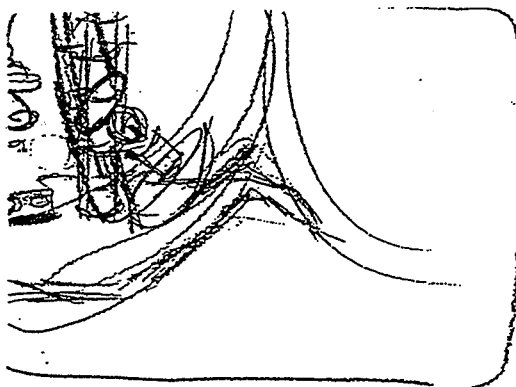


LE CASTOR REGARDE EN DIRECTION DU
MONSTRE ~~EST~~ SA VISION, PAR INTERPOLATION,
SE BRUILE EN PERSP. HYPERBOL.

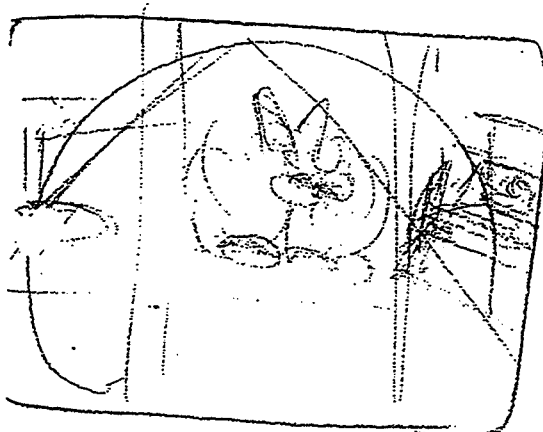


LE CASTOR TOURNE SON
REGARD DU CÔTÉ DU MANÈGE.

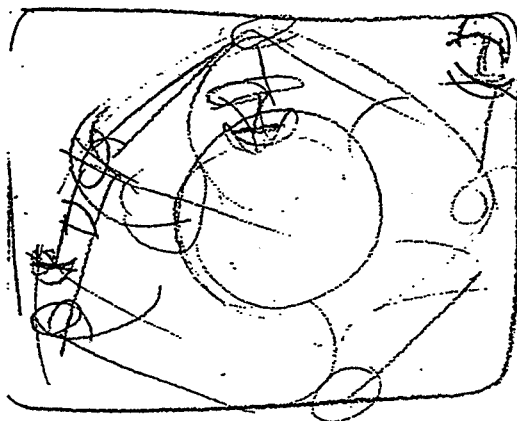
1 01 1/



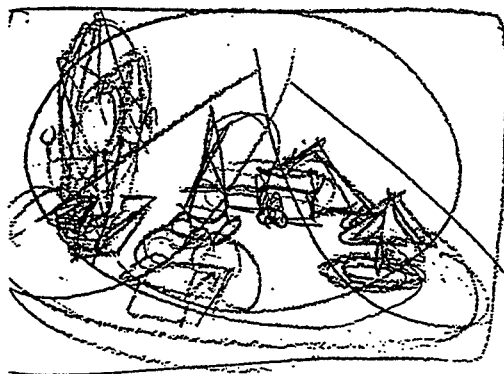
INTERPOLATION ENTRE LA
PERSP. HYPERBOLIQUE ET LA
PERSP. POIS.



BALAYAGE RAPIDE DE LA VUE DU CASTOR
TOURNÉE VERS LE MANÈGE À SON REGARD
QUI VA VERS LA GRD ROUE, AVEC
INTERPOL. PERS. POIS EN PERS. HEMI.

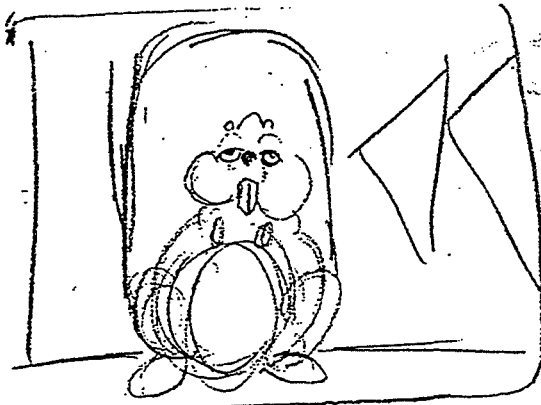


SON REGARD SE LÈVE SUR LA
GRD ROUE. INTERPOL. PERS. HEMI
EN PERS. BOUL

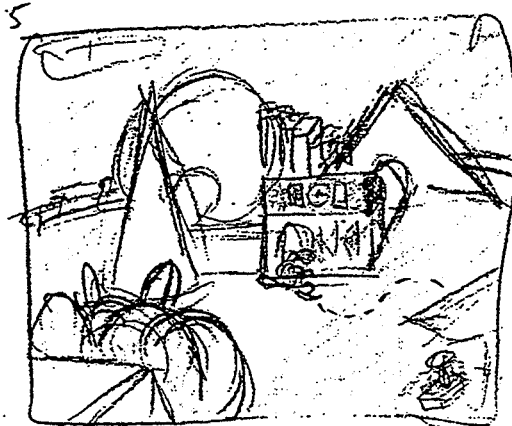


RETOURNEMENT RAPIDE DE LA CAMERA
VERS LA SCÈNE EN GÉNÉRAL. VUE CENTRÉE
SUR LE CASTOR. PASSAGE RAPIDE D'UNE
PERS. À L'AUTRE.

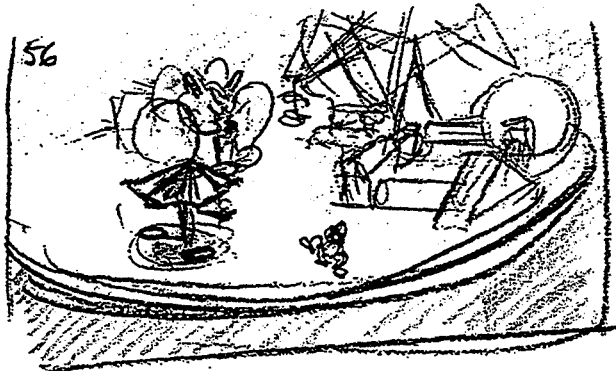
(PI 17)



PLAN RAPPROCHÉ SUR LE CASTOR
NAUSÉÉUX.



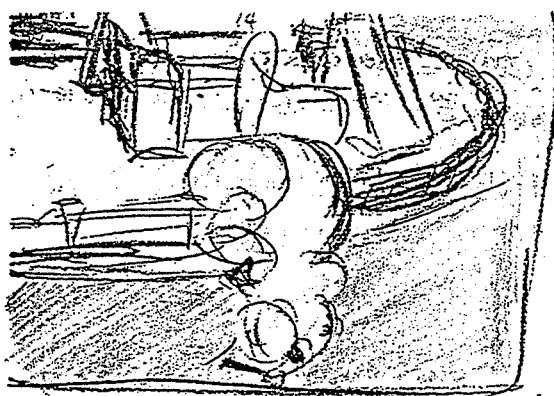
ZOOM ARRIÈRE.
LE CASTOR PART EN
TITUBANT



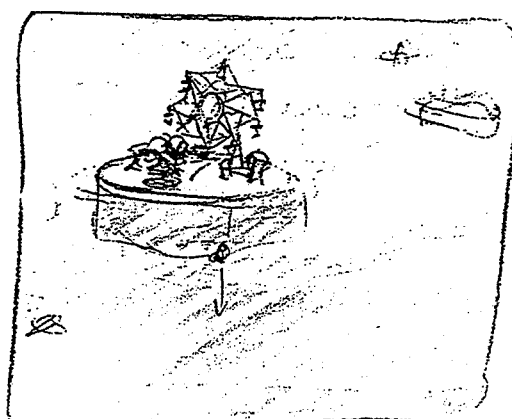
LE CASTOR TITUBANT
S'APPROCHE DU BORD DE
LA PLANÈTE.



LE CASTOR TITUBANT
S'APPROCHE DE LA BARRIÈRE.

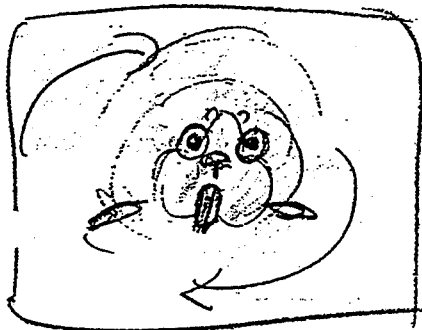


LE CASTOR BASCULE PAR
DESSUS LA PLANÈTE.



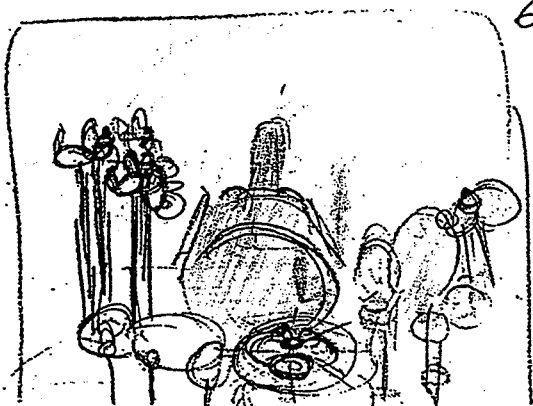
59.

PLAN GÉNÉRAL.
LE CASTOR CHUTE.



60.

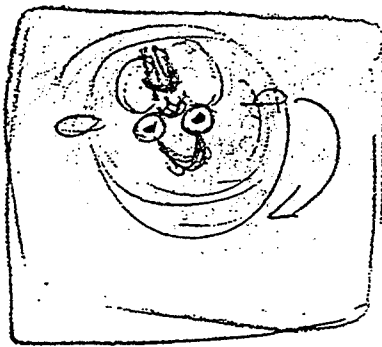
LE CASTOR TOMBE.
GROS PLAN SUR SON
VISAGE, LES YEUX EFFRAYÉS
ET ECARQUILLÉS.



61.

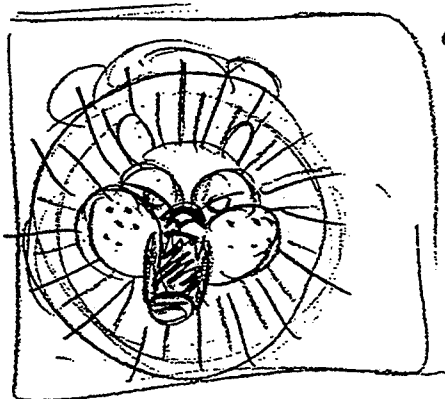
VUE SUR LA PLANÈTE "NOË"

TOUS LES ANIMAUX
LÈVENT LA TÊTE.



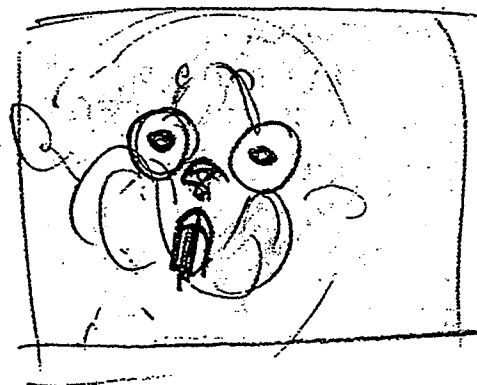
62

CHUTE DU CASTOR
AVANCÉE RAPIDE ET TOURNÉ
SUR LA CAMERA.



63

VUE SUR LE LION QUI
A OUVERT SA GUEULE, PRÊT À
RECEVOIR LE CASTOR.



64

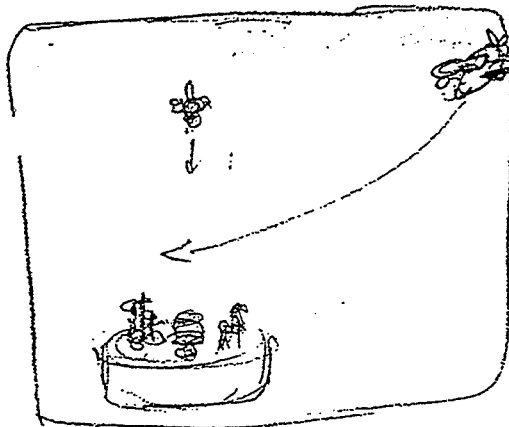
CASTOR QUI TOMBE.
PLANE PLUS EN PLUS RAPIDE



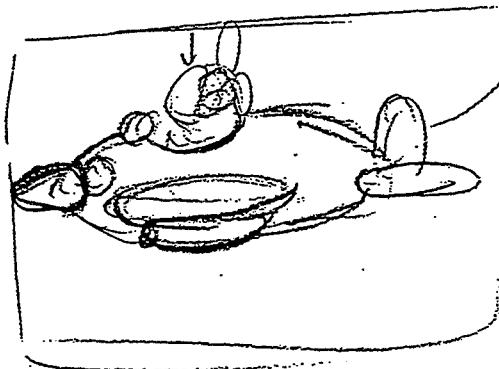
65

GROS PLAN SUR LA GUEULE
DU LION.

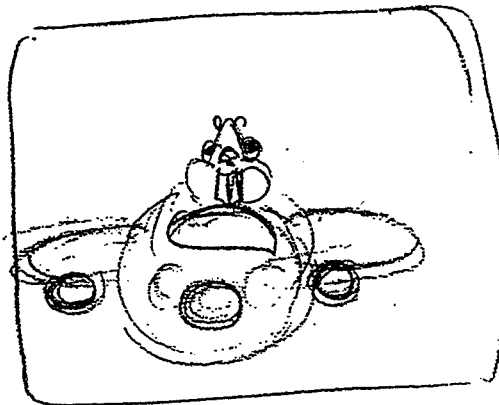
(04 20)



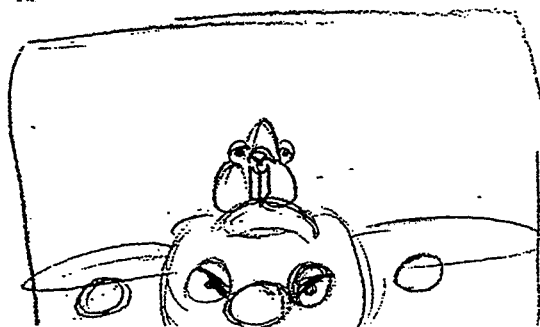
66. VUE DU CASTOR QUI TOMBE EN
DROITE LIGNE SUR LA PLANÈTE
DES ANIMAUX -
UN AVION APPARAÎT DANS UN
COIN DE L'ÉCRAN.



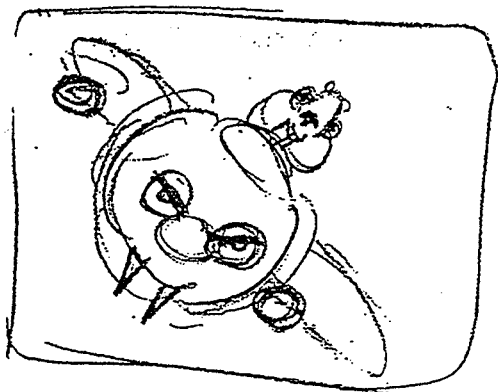
67. LE CASTOR ATTERIT DANS
L'AVION.



68- VUE DU CASTOR, CONTENT
DANS L'AVION.

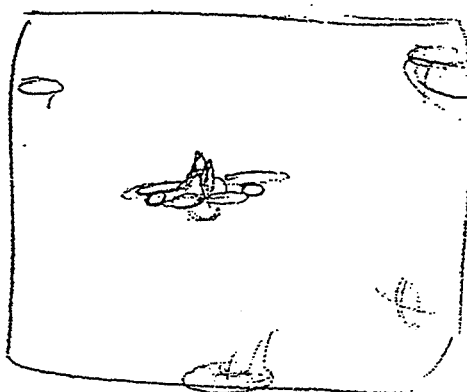


69
L'AVION OUVRE DES YEUX
MÉCHANTS.



70

DES CROCS SORTENT DE
L'AVION -



71.

L'AVION S'EN VA,
EMPORTANT LE CASTOR.....

FIN

TABLES DES FIGURES-SCHEMAS-EXEMPLES

Figure 1	
<i>Marat assassiné</i> , par Louis David (1793),	Page 19
Figure 2	
<i>Le marais dans les landes</i> , par Théodore Rousseau (1844),	Page 21
Figure 3	
<i>Allégorie de la vie, (The Two Ways of life)</i> par Oscar G. Rejlander (1857),	Page 22
Figure 4	
<i>Fading away</i> , par Henry Peach Robinson (1858).	Page 23
Figure 5	
<i>Mat</i> , la première marionnette virtuelle incrustée sur le décor réel, filmé indépendamment,	Page 36
Figure 6	
<i>Ikône de la Trinité</i> d'André Roublev, XV ^e siècle.	Page 43
Figure 7	
<i>Le Retable d'Issenheim</i> , par Grünewald (1512-1516),	Page 51
Figure 8	
<i>Polyptyque du Jugement dernier</i> , par Roger Van der Weyden(1443),	Page 53
Figure 9	
<i>Triptyque</i> , par Francis Bacon (1976),	Page 58
Figure 10	
<i>L'évidence éternelle</i> , par René Magritte (1930),	Page 59
Figure 11	
<i>Sister 1988-89</i> , par Nam June Paik,	Page 62
Figure 12	
<i>Nature morte: violon et fruits</i> , par Pablo Picasso (1912-1913),	Page 68
Figure 13	
<i>Le Cirque Conférence</i> , par Marc Caro (1989),	Page 70
Figure 14	
<i>Le désir attrapé par la queue</i> , de Jean-Christophe Averty,	Page 74
Figure 15	
<i>Femme assise dans un fauteuil</i> , par Picasso (1941).	Page 88
Figure 16	
Images de synthèse donnant l'effet de relief par leur observation conjuguée.	Page 91
Figure 17	
<i>Achille et Briseis</i> , peinture murale de Pompéï reproduisant un original d'environ 330 avt J.-C.	Page 98

Figure 18	
<i>Ulysse au pays des Lestrygons</i> , Fragment de fresque d'une maison de l'Esquilin,	Page 99
Figure 19	
<i>Tapisserie de Bayeux</i> , dite "de la reine Mathilde",	Page 101
Figure 20	
Dessin de Helmut, extrait de la collection de l'Art Brut,	Page 101
Figure 21	
<i>Tombe de Thèbes Ouest</i> ,	Page 107
Figure 22	
<i>Saint Jacques et un pèlerin</i> , Enluminure du XIV ^e siècle,	Page 108
Figure 23	
<i>Salle des masques de la maison d'Auguste</i> ,	Page 115
Figure 24	
Stuc et peinture, fragment d'une décoration murale du "quatrième style", provenant de Boscoreale, I ^e siècle,	Page 117
Figure 25	
<i>Les effets du bon gouvernement</i> , par Ambrogio Lorenzetti,	Page 118
Figure 26	
<i>Le double portrait dit d'Arnolfi et de son épouse</i> , par Jean Van Eyck, 1434,	Page 123
Figure 27	
<i>La camera obscura</i> ,	Page 128
Figure 28	
<i>Mademoiselle Lala au cirque Fernando</i> , par Edgar Degas,	Page 129
Figure 29	
<i>Nu descendant un escalier</i> , n°2, par Marcel Duchamp,	Page 136
Figure 30	
<i>Les Ambassadeurs</i> , par Hans Holbein le Jeune, 1533,	Page 147
Figure 31	
Perspective urbinata, panneau d'Urbino, v. 1490-1500	Page 173
Figure 32	
Daniel Thalman, Simulation de Marilyn, extrait de "Flashback",	Page 181
Figure 33	
Encre sur papier, par Manfred Möhr, 1983.	Page 184
Figure 34	
<i>Tacauto</i> , par Michel Bret, 1988.	Page 185
Figure 35	
<i>Eggy</i> , par Yoichiro Kawaguchi, 1990.	Page 186

Figure 36	
<i>Panspermia</i> , par Karl Sims, 1990	Page 187
Figure 37	
<i>Mutation</i> , par William Latham, 1990	Page 188
Figure 38	
<i>Computer tapestry</i> , par Joan Truckenbrod,	Page 191
Figure 39	
<i>800 rectangles</i> , par Vera Molnar, 1981,	Page 192
Figure 40	
<i>Quigming shanghe tu</i> , par Zhang Zeduan,	Page 198
Figure 41	
Planisphere de Mercator.	Page 201
Figure 42	
Canevas d'une représentation conique.	Page 202
Figure 43	
Canevas d'une projection gnomonique oblique:	Page 202
Figure 44	
<i>Le Maître-Autel de la Collégiale de Saint-Martin de Colmar</i> , par Gaspard Isenmann, 1462-1465,	Page 216
Figure 45	
Première scène en perspectiva naturalis.	Page 219
Figure 46	
<i>Remise des tables de la loi</i> , Miniature du IX ^e siècle,	Page 228
Figure 47	
Scène en 1280*1024.	Page 273
Figure 48	
Scène en 320*256.	Page 273
Figure 49	
Interpolation du modèle conique au modèle circulaire sur un cube.	Page 282
Figure 50	
Interpolation du modèle conique au modèle en arête de poisson sur un cube.	Page 287

Schéma 1	
Présentation de l'icône au sein de l'iconostase.	<i>Page 44</i>
Schéma 2	
Structure de présentation des panneaux du retable des Dominicains de Schongauer.	<i>Page 49</i>
Schéma 3	
Schéma du système de vision bifocale, dont la zone fovéale se trouve entre A et B.	<i>Page 85</i>
Schéma 4	
Schéma du système de représentation graphique du relief.	<i>Page 89</i>
Schéma 5	
Transmission des signaux lumineux au cerveau.	<i>Page 149</i>
Schéma 6	
Représentation par arbre de construction, ou arbre CSG.	<i>Page 157</i>
Schéma 7	
Positionnement et projection des contours selon Alberti.	<i>Page 158</i>
Schéma 8	
Enumeration spatiale: le quadtree.	<i>Page 160</i>
Schéma 9	
Enumeration spatiale: l'octree.	<i>Page 161</i>
Schéma 10	
Représentation par frontière ou BREP.	<i>Page 161</i>
Schéma 11	
Principe du tracé de rayon.	<i>Page 169</i>
Schéma 12	
Repère de la projection conique.	<i>Page 203</i>
Schéma 13	
Elimination des parties cachées	<i>Page 222</i>
Schéma 14	
Déplacement de l'œil.	<i>Page 229</i>
Schéma 15	
Principe de projection et de rotation de l'œil.	<i>Page 250</i>
Schéma 16	
Notion d'écran circulaire	<i>Page 251</i>

Schéma 17	
Direction de visée en tracé de rayon.	Page 254
Schéma 18	
Angles de rotation de l'œil.	Page 261
Schéma 19	
Projection des pôles, développement de la sphère.	Page 262
Schéma 20	
Projection conique, système divergent.	Page 280
Schéma 21	
Projection circulaire, système semi-convergent.	Page 280
Schéma 22	
Réseau projectif avec une projection y-axono.	Page 281
Schéma 23	
Déformation de l'écran dans une projection semi-axonométrique.	Page 283
Schéma 24	
Projection boulique, système convergent.	Page 284
Schéma 25	
Projection axonométrique.	Page 285
Schéma 26	
Passage d'une projection circulaire à une projection axono-circulaire.	Page 286
Schéma 27	
Projection de transition hyper-poisson.	Page 288
Schéma 28	
Trajectoire de l'œil et orientation des faisceaux de rayon dans une projection en arête de poisson.	Page 290

Exemple 1

Scène poutre-carrelage en perspective hyperbolique par rapport au monde; coefficient $l = 0.01$ *Page 231*

Exemple 2

Scène poutre-carrelage en perspective hyperbolique par rapport à l'écran; coefficient $l = 0.005$ *Page 231*

Exemple 3

Scène poutre-carrelage avec perspective à chevron "tête en haut". *Page 233*

Exemple 4

Scène poutre-carrelage avec perspective à faisceaux croisés. *Page 233*

Exemple 5

Scène poutre-carrelage avec perspective à chevron "tête en bas". *Page 234*

Exemple 6

Cube avec projection hyperbolique en tracé de rayon. *Page 238*

Exemple 7

Scène poutre-carrelage avec projection hyperbolique en tracé de rayon. *Page 238*

Exemple 8

Cube avec projection en arête de poisson en tracé de rayon. . *Page 239*

Exemple 9

Scène poutre-carrelage avec projection en arête de poisson en tracé de rayon. *Page 239*

Exemple 10

- 1.- Scène poutre-carrelage en projection conique; *Page 243*
- 2.- Même scène avec déplacement vertical de l'œil où $k_{coef} = -0.01$; *Page 243*
- 3.- Même scène, même déplacement de l'œil avec $k_{coef} = 0.01$; *Page 243*
- 4.- Même scène, même déplacement de l'œil avec $k_{coef} = 0.05$ *Page 243*

Exemple 11

Scène poutre-carrelage avec déplacement horizontal de l'œil. *Page 243*

Exemple 12

- 1.- Scène poutres en projection conique; *Page 247*
- 2.- Scène poutres avec projection diminution-profondeur et
coefficients: -0.6; -0.02; -0.02; *Page 247*
- 3.- Scène poutres avec projection diminution-profondeur et
coefficients: -0.8; -0.01; -0.01; *Page 247*
- 4.- Scène poutres avec projection diminution-profondeur et
coefficients: -0.8; -0.005; -0.005; *Page 247*

Exemple 13

- 1.- Scène poutre-carrelage en projection conique; *Page 247*
- 2.- Scène poutre-carrelage en projection
diminution-profondeur et coefficients: -0.5; -0.05; -0.05; . *Page 247*
- 3.- Scène poutre-carrelage en projection
diminution-profondeur et coefficients: -0.7; -0.03; -0.01; . *Page 247*
- 4.- Scène poutre-carrelage en projection
diminution-profondeur et coefficients: -0.7; -0.03; -0.02; . *Page 247*

Exemple 14

- Cube en projection circulaire avec la méthode du z-buffer. ... *Page 252*

Exemple 15

- Scène poutre-carrelage avec une projection circulaire. *Page 252*

Exemple 16

- Scène poutre-carrelage avec projection hemi-circulaire. *Page 253*

Exemple 17

- Cube en projection circulaire avec le tracé de rayon. *Page 256*

Exemple 18

- Scène poutre-carrelage avec la projection circulaire en tracé
de rayon. *Page 256*

Exemple 19

- Cube en projection boulique en tracé de rayon. *Page 260*

Exemple 20

- Scène poutre-carrelage en projection boulique en tracé de
rayon. *Page 260*

Exemple 21

- Cube en projection boulique avec la méthode du z-buffer. ... *Page 263*

Exemple 22

- Scène poutre-carrelage en projection boulique avec la
méthode du z-buffer. *Page 263*

Exemple 23

Scène poutres en projection boulique avec la méthode du z-buffer.	<i>Page 264</i>
---	-----------------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INFOGRAPHIE & TECHNOLOGIES.

Ouvrages

COUCHOT Edmond, *De l'optique au numérique*, Edition HERMES, Paris, Janvier 1988.

DAVAL Jean-Luc, *La photographie. Histoire d'un Art*, Edition SKIRA, Genève, Août 1982.

NEUHALL Beaumont, *L'histoire de la Photographie depuis 1839 et jusqu'à nos jours*, traduit de l'américain par André JAMMES, Publication du Musée d'Art Moderne de New-York, Edité par le BELIER-PRISMA, Paris 2d Trimestre 1967.

PEROCHE Bernard, ARGENCE Jacqueline, GHAZANFARPOUR Djamchid, MICHELUCCI Dominique, *La synthèse d'images, "Traité des nouvelles technologies."* Edition HERMES, Paris 1988.

QUEAU Philippe, *Eloge de la simulation. "De la vie des langages à la synthèse des images"*, Collection Millieux, Edition CHAMP-VALLON, INA, Seyssel (Ain), Février 1986.

ROELENS Marc, Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Saint-Etienne et de l'ENSMSE, *Un environnement pour le tracé de rayons utilisant une modélisation par arbre de construction.*, Soutenue à Saint-Etienne le 18 Mai 1993.

TOULET Emmanuelle, *Cinématographe, invention du siècle.*, Edition DECOUVERTES GALLIMARD, Paris, Avril 1992.

VIRILIO Paul, *La machine de vision*, Edition GALILEE, Paris, Octobre 1988.

Catalogues et revues

Catalogue Exposition ELECTRA, 1983, Musée d'Art Moderne de la ville de PARIS, 4^e Trimestre 1983.

L'image en architecture, "Les machines à dessiner", Atelier du patrimoine de la ville de Marseille, Gamsau, Ecole d'architecture de Marseille Luminy, Musée d'histoire de Marseille, IIRIAM, 4^e Trimestre 1984.

Revue PIXEL, n°6, p.18, n°7, p.26, n°10, p.23.

Revue Tech Image, Avril-Mai-Juin 1991.

Revue Siggraph'81, p.297-305.

Articles

Extrait de *Pour la science*, n° 80, Juin 1984, p. 48, "Vision humaine et vision par ordinateur", par Tomaso POGGIO.

PERSPECTIVE

Ouvrages

ALBERTI, *De la peinture, de pictura (1435)*, traduction Jean-Louis Schefer, Edition MACULA-DEDALE.

ALDRED Cyril, *L'Art égyptien*, traduit de l'anglais par Florence Lévy-Paolini, Edition THAMES & HUDSON, Londres, Octobre 1989.

ARGAN Giulio Carlo & WITTKOWER Rudolf, *Perspective et histoire au Quattrocento*, Edition de la PASSION.

BELLOSI Luciano, *Giotto. Œuvre complet*, Edition Philippe SERS, Paris, Dépôt légal 1742, Mai 1989.

BLUNDEN Maria et Godfrey, *Journal de l'impressionisme*, Edition SKIRA, Genève, 1987, 1ère édition: 1970.

DAMISCH Hubert, *L'origine de la perspective*, Collection Idées et Recherches, Edition FLAMMARION, Paris, Avril 1987.

DUPONT Jacques & GNUDI Cesare, *La peinture gothique*, Edition SKIRA, Genève, 1er dépôt légal : 1954, 1990.

FAUCHEREAU Serge, *La révolution cubiste*, Edition DENOEL, Paris, Octobre 1982.

GARNIER François, *Le langage de l'image au Moyen-Age, I: signification et symbolique*, Edition Le léopard d'Or, 1982.

GINOUVES René, *L'Art grec*, Edition Quadriga, PUF, Paris, Dépôt légal 1^{ère} édition: 1964, 3^{ème} édition, Octobre 1983.

HOOG Michel, *Cézanne, "puissant et solitaire"*, Edition DECOUVERTES GALLIMARD, Paris, 1er dépôt légal: avril 1989, Dépôt légal: janvier 1992.

HUTTINGER Edouard, *Degas*, Edition FLAMMARION, Paris, 1977.

LASSAIGNE Jacques, *La peinture flamande. Le Siècle des Van Eyck*, Edition SKIRA, Genève, 1957.

PANOVSKI Erwin, *La perspective comme forme symbolique*, Traduction sous la direction de Guy BALLANGE, Edition de MINUIT, Paris, Octobre 1987.

PAULHAN Jean, *La peinture cubiste*, Edition FOLIO ESSAI, Dépôt légal: mars 1990.

COLLAGES

Ouvrages

DUGUET Anne-Marie, *Jean-Christophe AVERTY*, Edition DIS-VOIR, Paris, Mars 1991.

POLYPTYQUES

Ouvrages

BAUR Christian, *Grünewald, Le retable d'Issenheim*, Edition MEDIA-FRIBOURG.

BERBEROVA Nina, *Le mal noir*, Traduit du russe par Luba JURGENSON, Edition ACTES-SUD, Arles, Août 1989.

BUTOR Michel, *La modification*, Edition MINUIT-DOUBLE, Paris, Septembre 1987.

Catalogues et revues

Polyptyques / Le tableau multiple du Moyen-Age au XV^e Siècle, Edition des Musées Nationaux, Edition du Louvre, 1990.

Polyptyques et paravents / Un siècle de création / 1890-1990, Edition Galerie-Bellier, Paris, 1990.

Livrets des Musées et Paroisses.

Geneviève MOINGEON-PERET, Christiane PRELOT-LEVERT, Roger BRAIN. *Roger Van der Weyden / Beaune, Polyptyque du Jugement dernier*, Edition du Jacquemart, Dijon, 1981.

TRINITE

Ouvrages

BOFF Leonardo, *Trinité et société*, Traduit du brésilien par François MALLEY, Collection LIBERATION, Edition du CERF, 1990.

GRESCHNY Nicolăi, *L'icône de la trinité*, Edition LION de JUDAS, Nouan le Fuzelier. 1986.

LITTERATURE GENERALE

Ouvrages

BARJAVEL René, *La faim du tigre*, Edition Folio, 1er dépôt légal: oct, 1976.

CHASTEL André, *Fables. Formes. Figures*, Edition FLAMMARION, Paris, 3^e Trimestre 1978.

CHATELET Albert & GROSLIER Bernard Philippe, *L'histoire de l'art*, 2 volumes, Edition LAROUSSE, Paris, Octobre 1985,

BIBLIOGRAPHIE

ARGENCE Jacqueline, Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Saint-Etienne et de l'ENSMSE, spécialité: Informatique, Intelligence Artificielle et Algorithmique, *Algorithmes pour le tracé de rayons dans le cadre d'une modélisation par arbre de construction*, Soutenue à Saint-Etienne le 2 Novembre 1988, n° d'ordre: ID.21.

BEIGBEDER Michel, Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Saint-Etienne et de l'ENSMSE, *Un développement pour la modélisation et la visualisation en synthèse d'images : CASTOR.*, Soutenue à Saint-Etienne le 25 Avril 1988.

COE Brian, *Le premier siècle de la photographie*, Edition FILIPACCHI DENOEL, Lausanne, 1977.

COUCHOT Edmond, *De l'optique au numérique*, Edition HERMES, Paris, Janvier 1988.

DAGOGNET François, *Philosophie de l'image*, Edition VRIN, Paris, Juin 1986.

DAVAL Jean-Luc, *La photographie. Histoire d'un Art*, Edition SKIRA, Genève, Août 1982.

FRIZOT Michel, JAMMES André, JAY Paul, GAUTRAND Jean-Claude, 1839. *La photographie révélée*, Collection Photo Copie, Publication du Centre National de la Photographie et les Archives Nationales, Paris 1989.

HOLTZ-BONNEAU Françoise, *L'image et l'ordinateur*. Edition AUBIER/INA, Paris, Février 1986.

NEUHALL Beaumont, *L'histoire de la Photographie depuis 1839 et jusqu'à nos jours*, traduit de l'américain par André JAMMES, Publication du Musée d'Art Moderne de New-York, Edité par le BELIER-PRISMA, Paris 2d Trimestre 1967.

PEROCHE Bernard, ARGENCE Jacqueline, GHAZANFARPOUR Djamchid, MICHELUCCI Dominique, *La synthèse d'images, "Traité des nouvelles technologies"*, Edition HERMES, Paris 1988.

QUEAU Philippe, *Eloge de la simulation. "De la vie des langages à la synthèse des images"*, Collection Millieux, Edition CHAMP-VALLON, INA, Seyssel (Ain), Février 1986.

ROELENS Marc, Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Saint-Etienne et de l'ENSMSE, *Un environnement pour le tracé de rayons utilisant une modélisation par arbre de construction.*, Soutenue à Saint-Etienne le 18 Mai 1993.

TOULET Emmanuelle, *Cinématographe, invention du siècle.*, Edition DECOUVERTES GALLIMARD, Paris, Avril 1992.

VIRILIO Paul, *La machine de vision*, Edition GALILEE, Paris, Octobre 1988.

Catalogues et revues

Art Press, *n°Spécial Hors Série n°1, Nouvelles technologie, Un art sans modèles?*, 3^e Trimestre 1991.

Catalogue Exposition ELECTRA, 1983, Musée d'Art Moderne de la ville de PARIS, 4^e Trimestre 1983.

Culture technique, *n°22, Images techniques & société*, Centre de Recherche sur la Culture Technique.

Imaginaire numérique, *Actes du colloque interdisciplinaire*, Edition HERMES, Paris, Avril 1986.

L'image en architecture, "Les machines à dessiner", Atelier du patrimoine de la ville de Marseille, Gamsau, Ecole d'architecture de Marseille Luminy, Musée d'histoire de Marseille, IIRIAM, 4^e Trimestre 1984.

Sémiotique de l'architecture, Espace et représentation. Penser l'espace, Edition de la Vilette, Dépôt légal, 2^d trimestre 1982.

Cahier Arts Plastiques n°2, *Art et ordinateur. Vidéo et ordinateur*, Maison de la Culture de La Rochelle, Edition Festival de La Rochelle, Du 24 Juin au 31 Août 1983.

Paysages Virtuels, Image vidéo, image de synthèse, Articles de : Anne CAUQUELIN, Florence de MEREDIEU, Anne-Marie DUGUET, Jean-Louis WEISSBERG, Thierry KUNTZEL, Edition DIS-VOIR, Paris, 1988.

3^e Semaine Internationale de Vidéo, MCC Genève / St Gervais, 1989.

4^e Semaine Internationale de Vidéo, MCC Genève / St Gervais, 1991.

Revue d'Esthétique, n°10, *Vidéo, vidéo*, 1986.

Revue PIXEL, n°1 à 18.

Revue Tech Image, n°15 à 18.

Articles

Extrait de *Cahiers internationaux de sociologie*, vol. LXXXII, 1987, "Sujet, Objet, Image", par Edmond COUCHOT.

Extrait de *Communications*, n°48, 1988, "La mosaïque ordonnée ou l'écran saisi par le calcul", par Edmond COUCHOT.

Extrait de *Corps-Ecrits*, n°24, "Pluie, vapeur et vitesse". "(lumière et calcul dans les processus automatiques de génération d'images)", par Edmond COUCHOT.

Extrait de *Hors-cadres*, Printemps 1988, "Synthèse et simulation: l'autre image", par Edmond COUCHOT, Edition Presses Universitaires de Vincennes, Université de PARIS VIII, St-DENIS 1988.

Extrait de *La pensée*, n°26, Mars-Avril 1989, "Art. L'ère numérique". "(Art et technique. L'émergence du numérique)", par Edmond COUCHOT.

Extrait de *Littérature*, n°78, Mai 1990, "Programmer l'invisible", par Edmond COUCHOT. Revue Trimestrielle, Edition LAROUSSE.

Extrait de *Pour la science*, n° 80, Juin 1984, p. 48, "Vision humaine et vision par ordinateur", par Tomaso POGGIO.

Extrait de *Communication of the ACM*, 23(6), Juin 1980, p. 343, "An improved illumination model of shaded display", par Turner WHITTED.

ESTHETIQUE.

Ouvrages

BARTHES Roland, *La chambre claire*, Edition Gallimard, Collection cahiers du cinéma, Paris 1981.

BOULEAU Charles, *Charpentes/ La géométrie secrète des peintres*, Edition SEUIL, Paris, 1963.

C.I.E.R.E.C. (Centre Interdisciplinaire d'Etudes et de Recherche sur l'Expression Contemporaine). *Travaux IV. Le Cubisme*, Université de Saint-Etienne, 1er Trimestre 1973.

DELEUZE Gilles, *L'image temps*, Edition de MINUIT, Paris, Octobre 1985.

FRANCASTEL Pierre, *L'image. La vision. L'imagination*, Bibliothèque Médiation, Edition DENOEL / GONTHIER, Paris, Mai 1983.

GOMBRICH E.H, *L'art et l'illusion*, traduit de l'anglais par Guy DURAND, Edition GALLIMARD, Nouvelle Revue Française, Paris, 1er dépôt légal : Décembre 1971, Avril 1987.

LE BOT Marc, *L'œil du peintre*, Essai, Edition Gallimard, NRF, Janvier 1982.

McLUHAN Marshall, *D'œil à oreille.*, traduit de l'anglais par Derrick de KERKHOVE, Bibliothèque Médiation, Edition DENOEL / GONTHIER, Paris, 4^e Trimestre 1977.

MERLEAU-PONTY Maurice, *L'œil et l'esprit*, Edition GALLIMARD, Folio Essais, Paris, 1er dépôt légal dans la même collection : Mars 1985, Avril 1989.

PANOVSKI Erwin, *Idea*, traduit de l'allemand par Henry JOLY, Edition GALLIMARD, Paris, 1er dépôt légal dans la même collection : Mars 1984, Mars 1985.

PANOVSKI Erwin, *L'œuvre d'art et ses significations*, traduit de l'anglais par Marthe et Bernard TEYSSÉDRE, Edition GALLIMARD, Nouvelle Revue Française, Paris, 1er dépôt légal : Novembre 1969, Août 1986.

PERSPECTIVE

Ouvrages

ALBERTI, *De la peinture. De pictura (1435)*, Traduction de Jean-Louis Schefer, Edition MACULA-DEDALE, 1992.

ALDRED Cyril, *L'Art égyptien*, traduit de l'anglais par Florence Lévy-Paolini, Edition THAMES & HUDSON, Londres, Octobre 1989.

APPOLINAIRE Guillaume, *Les peintres cubistes*, Collection Savoir, Edition HERMANN, Paris, 2d Trimestre 1980.

ARGAN Giulio Carlo & WITTKOWER Rudolf, *Perspective et histoire au Quattrocento*, Edition de la PASSION.

BAXANDALL, *L'œil du Quattrocento. L'usage de la peinture dans l'Italie de la Renaissance*, traduit de l'anglais par Yvette DELSAUT, Edition GALLIMARD, Paris, 1985.

BELLOSI Luciano, *Giotto. Œuvre complet*, Edition Philippe SERS, Paris, Dépôt légal 1742, Mai 1989.

BLUNDEN Maria et Godfrey, *Journal de l'impressionisme*, Edition SKIRA, Genève, 1987,
1ère édition: 1970.

BONFAND Alain, LABROT Gérard, MARION Jean-Luc, *Trois essais sur la perspective*,
FRAC Poitou-Charente, Edition de la DIFFERENCE, Octobre 1985.

CHATELET Albert, *Tout l'œuvre peint des Van Eyck*, Collection : Les classiques de l'Art,
Edition FLAMMARION, Paris, 1969.

COMAR Philippe, *La perspective en jeu*, Edition DECOUVERTES GALLIMARD, Paris,
Mars 1992.

DAMISCH Hubert, *L'origine de la perspective*, Collection Idées et Recherches, Edition
FLAMMARION, Paris, Avril 1987.

DAMISCH Hubert, *La théorie du nuage*, Edition SEUIL, Paris, 1973.

DUPONT Jacques & GNUDI Cesare, *La peinture gothique*, Edition SKIRA, Genève, 1er
dépôt légal : 1954, 1990.

ELGAR Franck, *Picasso*, Edition Fernand HAZAN, Paris, 1985.

FAUCHEREAU Serge, *La révolution cubiste*, Edition DENOEL, Paris, Octobre 1982.

GARNIER François, *Le langage de l'image au Moyen-Age, I: signification et symbolique*, Edition Le léopard d'Or, 1982.

GINOUVES René, *L'Art grec*, Edition Quadriga, PUF, Paris, Dépôt légal 1^{ère} édition: 1964, 3^{ème} édition, Octobre 1983.

GIRAULT Pierre-Gilles, *Un langage sans paroles, L'image au Moyen-âge*, Edition du Conseil Général du Cher et du Comité départemental du tourisme, Abbaye de Noirlac, Juillet 1992.

HOOG Michel, *Cézanne, "puissant et solitaire"*, Edition DECOUVERTES GALLIMARD, Paris, 1er dépôt légal: avril 1989, Dépôt légal: janvier 1992.

HUTTINGER Edouard, *Degas*, Edition FLAMMARION, Paris, 1977.

LASSAIGNE Jacques, *La peinture flamande. Le Siècle des Van Eyck*, Edition SKIRA, Genève, 1957.

MURRAY Peter & Linda, *L'art de la Renaissance*, Traduit de l'anglais par Dominique le BOURG, Edition THAMES & HUDSON, Londres, 1er Trimestre 1991.

PANOVSKI Erwin, *La perspective comme forme symbolique*, Traduction sous la direction de Guy BALLANGE, Edition de MINUIT, Paris, Octobre 1987.

PAULHAN Jean, *La peinture cubiste*, Edition FOLIO ESSAI, Dépôt légal: mars 1990.

RUBIN William, *Picasso et Braque, L'invention du Cubisme*, Edition FLAMMARION, Paris, Mars 1990.

THEVOZ Michel, *L'Art Brut*, Edition SKIRA, Genève, 1975.

WARZEE Paul, *Les Maîtres italiens du XV^e Siècle, 1420-1500*, Collection La Grande Histoire de la Peinture, Edition SKIRA, Genève, 1979.

Catalogues et revues

Catalogue de l'exposition de l'Abbaye de Noirlac, "Un langage sans parole. L'image au Moyen-Age". par Pierre-Gilles GIRAULT, Edition Conseil Général du Cher et Comité départemental de Tourisme, à l'occasion de l'exposition du 1^{er} Juillet au 30 Septembre 1992,

Revue *Beaux-Arts*, n°72, Octobre 1989, "Braque ou Picasso: l'invention du Cubisme", par Lynn ZELEVANSKY.

Revue *Beaux-Arts*, n°60, Septembre 1988, "Cézanne avant Cézanne", par Mona THOMAS.

COLLAGES

Ouvrages

DUGUET Anne-Marie, *Jean-Christophe AVERTY*, Edition DIS-VOIR, Paris, Mars 1991.

RODARI Florian, *Histoire d'un art : le collage*, Edition SKIRA, Genève, 1988.

SHAPIRO David & ABRAMS Harry.N, *Jim Dine*, Harry N. Abrams, Inc, Publishers
New-York, 1981.

Articles

Extrait de *Pixel*, n°11, 1991, "Averty ou l'insolence cathodique", par Marine LOBJOY.

Extrait de *Beaux-Arts*, n°19, Décembre 1984, Propos de Pierre Schneider, recueillis par
Jean-Louis GAILLEMIN.

POLYPTYQUES

Ouvrages

BAUR Christian, *Grünwald, Le retable d'Issenheim*, Edition MEDIA-FRIBOURG.

BERBEROVA Nina, *Le mal noir*, Traduit du russe par Luba JURGENSON, Edition
ACTES-SUD, Arles, Août 1989.

BUTOR Michel, *La modification*, Edition MINUIT-DOUBLE, Paris, Septembre 1987.

Intoduction de M.J. FRIEDLANDER , *Tout l'œuvre peint de Jérôme Bosch*, Edition
FLAMMARION, Paris, 1967.

DURAS Marguerite, *L'amant*, Edition MINUIT, Paris, 1984.

ZERI Frederico, *Derrière l'image*, Traduction de l'italien par Jean RONY.Edition
RIVAGES, Paris, 1988.

Catalogues et revues

Polyptyques / Le tableau multiple du Moyen-Age au XV^e Siècle, Edition des Musées Nationaux, Edition du Louvre, 1990.

Polyptyques et paravents / Un siècle de création / 1890-1990, Edition Galerie-Bellier, Paris, 1990.

Thèse pour le doctorat de 3^e cycle d'Arts Plastiques, *Image sacrée, le retable; reprise en compte et réutilisations personnelles*, PARIS I, 4^e Trimestre 1986, par Jacqueline BARRAL.

Livrets des Musées et Paroisses.

G. BRUCHER, *STIFT. St-Florian. Altdorfer-Altar*, Verlag HOFSTETTER, Autriche, 1978.

Christian HECK, *Musée d'Unterlinden*, Edition S.A.E.P, Ingersheim / Colmar, 1981.

Roger LEHNI, *Le retable de Buhl*, Plaquette établie par l'Inventaire Général des Monuments et des Richesses Artistiques de la France, Commission Régionale Alsace, Colmar, 4^e Trimestre 1974.

Geneviève MOINGEON-PERET, Christiane PRELOT-LEVERT, Roger BRAIN. *Roger Van der Weyden / Beaune, Polyptyque du Jugement dernier*, Edition du Jacquemart, Dijon, 1981.

Erich WIDDER, *Autel de Pacher à St- Wolfgang*, Verlag HOFSTETTER, Autriche, 1982.

TRINITE

Ouvrages

BOFF Leonardo, *Trinité et société*, Traduit du brésilien par François MALLEY, Collection LIBERATION, Edition du CERF, 1990.

GRESCHNY Nicolai, *L'icône de la trinité*, Edition LION de JUDAS, Nouan le Fuzelier. 1986.

LITTERATURE GENERALE

Ouvrages

BARJAVEL René, *La faim du tigre*, Edition Folio, 1er dépôt légal: oct, 1976.

BERGSON Henri, *Le rire*, Edition PUF / QUADRIGE, Paris, 1er dépôt légal : 1940, Septembre 1989.

CHASTEL André, *Fables. Formes. Figures*, Edition FLAMMARION, Paris, 3^e Trimestre 1978.

CHATELET Albert & GROSLIER Bernard Philippe, *L'histoire de l'art*, 2 volumes, Edition LAROUSSE, Paris, Octobre 1985,

CHION Michel, *Le son au cinéma*, Collection Les cahiers du cinéma, Edition de L'ETOILE, Paris, Février 1985.

DURAND Gilbert, *Les structures anthropologiques de l'imaginaire*, Edition DUNOD, Paris, 1ère Edition : 1969, 1984.

LAMBERT Pierre, *Le cartoon à Hollywood*, Edition LIBRAIRIE SEGUIER, Paris, Novembre 1988.

LEVY-STRAUSS Claude, *Tristes Tropiques*, Collection TERRE-HUMAINE, Edition PLON, Paris, Avril 1984.

MARCUSE Herbert, *La dimension esthétique*, Edition SEUIL, Paris, 4^e Trimestre 1979.

PLATON, *La République*, Edition GARNIER-FLAMMARION, Paris, 4^e Trimestre 1966.

SARTRE Jean-Paul, *L'imaginaire*, Edition GALLIMARD, Paris, 1er dépôt légal : 1940, Novembre 1988.

SERRES Michel, *Esthétiques sur Carpaccio*, Edition LIVRE de POCHE, Bibliothèque Essai, Paris, 1er dépôt légal : 1975, Octobre 1987.

SERRES Michel, *Les cinq sens*, Edition GRASSET, Paris, Février 1988.

BIOLOGIE

Ouvrages

CHANGEUX Jean-Pierre, *L'homme Neuronal*, Collection le temps des sciences, Edition FAYARD, 1983.

CORDIER-GONI Paul, *Castors du Rhône*, Collection Scènes de la vie des bêtes, Edition ALBIN-MICHEL, Lagny-sur-Marne, 1947.

L.HARRISON Matthews, *La vie des mammifères*, Tome I, Edition RENCONTRE, Lausanne, 1972.

Articles

Extrait de *Encyclopediae Universalis*, Volume 16, Edition 1977, Paris, p 878-886. VISION. 1.- Optique oculaire. 2.- Perceptions visuelles. 3.- Optométrie et lunetterie, par Pierre FLEURY.

Extrait de *Encyclopediae Universalis*, Volume 16, Edition 1977, Paris, p 886-897, VISION (Physiologie). 1.- De la photoréception à la vision. 2.- Le mécanisme de la photoréception. 3.- La rétine des vertébrés et le traitement de l'information visuelle. 4.- Le traitement de l'information visuelle dans les structures cérébrales, par Yves GALIFRET.

Extrait de *La recherche*, n° 192, Octobre 1987, p 1240, volume 18, "La vision des dyslexiques", par Jean-Baptiste JOURDAIN.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	Page3
2. HISTOIRE D'UNE RECHERCHE.	Page 8
2.1. PREMIERS PAS: « CHEMIN DE CROIX».	Page 9
2.1.1. Présence cathodique.	Page 9
2.1.2. Trinité cathodique.	Page 11
2.1.3. Système trinitaire.	Page 13
2.1.4. Déréalisation de l'instant.	Page 16
2.1.5. Du réalisme à la modernité.	Page 18
2.1.6. Art et technologie : retrouvailles.	Page 23
2.1.7. Représentation : la destruction de la matière.	Page 25
2.1.8. Vidéo : le passé au présent.	Page 26
2.1.9. Synthèse, révélation d'un sens.	Page 27
2.1.10. Croisement des sens et d'un «non-sens».	Page 29
2.1.11. Périchorèse : de l'hybridation à l'incrustation.	Page 32
2.1.12. Mea culpa.	Page 37
2.2. SECOND VOLET: LES POLYPTYQUES	Page 41
2.2.1. De l'icône aux tableaux.	Page 41
2.2.2. Le polyptyque dans la peinture au XV ^e siècle.	Page 46
2.2.3. Le polyptyque en littérature.	Page 54
2.2.4. Le polyptyque dans son expression contemporaine.	Page 56
2.2.5. Expérimentation pratique.	Page 60
2.3. TROISIEME LIEU: INCRUSTATIONS ET COLLAGES. .	Page 65
2.3.1. Le collage en peinture.	Page 65
2.3.2. Collage électronique et incrustation.	Page 68
2.3.3. Les dimensions et les lieux du collage.	Page 73
2.3.4. Le tremplin d'une recherche.	Page 76
3. PANOPTISME ET REGARD MULTIPLE.	Page 78
3.1. LA PERCEPTION ET LE REGARD.	Page 80
3.1.1. La représentation : convention culturelle et religieuse.	Page 80
3.1.2. La perception du volume.	Page 82
3.1.3. La vision bifocale.	Page 83
3.1.4. Les réponses picturales.	Page 85
3.1.5. Le relief en images de synthèse.	Page 90
3.1.6. Réalisme et réalité.	Page 92
3.2. STYLES ET MODELES DE REPRESENTATION.	Page 94
3.2.1. La bidimensionnalité de l'image.	Page 94

3.2.2. L'imperméabilité de la surface picturale.	Page 102
3.2.3. De la surface au modelé.	Page 110
3.2.4. L'idée de fenêtre.	Page 112
3.2.5. La perspective brunelleschienne, ou perspectiva artificialis.	Page 119
3.2.6. Le volume dans la peinture flamande.	Page 122
3.2.7. La touche: fragmentation de l'ordre visuel.	Page 126
3.2.8. Le temps de l'image.	Page 131
3.2.9. L'espace déplié : des lieux et du Cubisme.	Page 137
4. LA SYNTHÈSE D'IMAGE: CHOIX ESTHÉTIQUES ET RAISONS CULTURELLES.	Page 142
4.1. LA PERSPECTIVA ARTIFICIALIS COMME CHOIX CULTUREL.	Page 144
4.1.1. Histoire d'une rencontre.	Page 144
4.1.2. La perspective: réalisme ou concept?	Page 147
4.1.3. Généalogie de la synthèse d'image.	Page 152
4.1.4. Langage et structure: analogie des concepts.	Page 154
4.1.5. Modélisation.	Page 156
4.1.6. La perception et la définition des couleurs.	Page 162
4.1.7. Visualisation: lumière et couleurs.	Page 166
4.1.8. Perspective et architecture.	Page 170
4.2. OPTIONS ESTHÉTIQUES DE L'IMAGE DE SYNTHÈSE.	Page 176
4.2.1. Simulation des phénomènes naturels.	Page 176
4.2.2. L'évolutionisme.	Page 182
4.2.3. Approches conceptuelles de l'ordre visuel.	Page 189
4.2.4. Exclusions et oublis.	Page 193
5. INTERPRÉTATION DES MODÈLES.	Page 195
5.1. SYSTÈMES DE PROJECTION EXISTANTS.	Page 197
5.1.1. La projection axonométrique.	Page 197
5.1.2. Projections utilisées pour les représentations géographiques.	Page 200
5.1.3. Projection conique.	Page 203
5.2. INTERPRÉTATION DES MODÈLES DE PROJECTION DES PEINTURES.	Page 206
5.2.1. Le choix des modèles: la question du réalisme.	Page 206
5.2.2. Analyse des modèles.	Page 214

5.2.3. La perspectiva naturalis: approche par modélisation.	Page 217
5.2.4. Modeleur, environnement, algorithmes et méthodes d'implémentation des projections.	Page 220
5.2.4.1. Le modeleur CASTOR et l'environnement Illumines.	Page 220
5.2.4.2. La méthode du z-buffer.	Page 221
5.2.5. Matrices de projection inspirées de la perspectiva naturalis: déplacement de l'œil.	Page 226
5.2.5.1. Projections avec la méthode du z-buffer.	Page 227
5.2.5.2. Projection avec la méthode du tracé de rayon.	Page 235
5.2.6. Matrices de projection inspirées de la perspectiva naturalis: déplacement de la direction de visée.	Page 240
5.2.7. Matrice de projection inspirées de la perspectiva naturalis: diminution profondeur et déplacement des plans. .	Page 244
5.2.8. Matrices de projection inspirées du Cubisme.	Page 249
5.2.8.1. Perspective circulaire.	Page 249
5.2.8.2. Perspective boulique.	Page 257
5.2.9. Propositions et développements.	Page 264
6. EXPLORATION PLASTIQUE DES MODELES.	Page 267
6.1. <i>IMAGES FIXES.</i>	Page 269
6.1.1. Choix des scènes.	Page 269
6.1.2. Contraintes d'ordre technique.	Page 271
6.1.3. Résultats plastiques.	Page 272
6.2. <i>PRESENTATION D'UN FILM.</i>	Page 276
6.2.1. Les raisons d'un choix.	Page 276
6.2.2. Développements techniques spécifiques.	Page 279
6.2.2.1. Interpolation du modèle conique au modèle circulaire.	Page 279
6.2.2.2. Interpolation du modèle conique au modèle boulique.	Page 283
6.2.2.3. Interpolation du modèle circulaire au modèle boulique.	Page 285
6.2.2.4. Interpolation du modèle conique au modèle en arête de poisson.	Page 286
6.2.2.5. Interpolation d'un modèle conique ou en arête de poisson vers un modèle hyperbolique.	Page 287
6.2.2.6. Interpolation d'un modèle circulaire vers un modèle en arête de poisson.	Page 289
6.2.3. Réalisation du film.	Page 291
7. CONCLUSION.	Page 293
ANNEXE A	Page 297

ANNEXE B	Page 302
ANNEXE C	Page 322
TABLES DES FIGURES-SCHEMAS-EXEMPLES	Page 345
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	Page 354
BIBLIOGRAPHIE	Page 361
TABLE DES MATIERES	Page 377

RESUME

De nombreuses perspectives ont été et sont utilisées dans le monde de la représentation. Choisir l'une d'elle reflète une certaine façon de percevoir le monde. Le réalisme du point vue unique et fixe, semble ne répondre qu'à une convention culturelle. En effet, lorsqu'on regarde quelque chose, le regard balaye la scène avec deux yeux. Nous avons donc deux points de vue mobiles. Dans l'abstraction représentationnelle occidentale, le spectateur, en tant que corps, est réduit à un œil, lui même compressé en un point.

Le questionnement sur le réalisme de l'image s'impose. L'image dite réaliste renvoie-t-elle à une réalité, en tant que telle, existant dans le monde de façon absolue et directement accessible à l'exclusion de tout code transcriptif, ou à un concept culturellement acquis comme réaliste et qui ne renvoie qu'à lui-même?

Le travail de cette thèse consiste à introduire dans la synthèse d'images différents systèmes de représentation, dont le "réalisme" de chacun, d'un point de vue intellectuel, est aussi légitime que le "réalisme" photographique.

Cette recherche ne s'inscrit pas dans le cadre d'une recherche scientifique, dont l'objectif serait de construire des modèles dont les règles de fonctionnement correspondraient à des lois absolues de la nature. Nous nous trouvons en présence de modèles issus des seules sciences humaines et d'*interprétations* sensorielles. L'objectif de ce travail se résume donc à extraire les *concepts* qui régissent chaque style de représentation. En essayant de rester fidèle à ces concepts de base, nous définissons des fonctions de projection, et dans le cadre de nos résultats nous ne conservons que les images dont l'esthétique nous semble radicalement nouvelle. L'enjeu n'est donc pas de faire de la *perspectiva naturalis* de façon radicale et ressemblante, ni de systématiser les principes du Cubisme pour réaliser un modèle cubiste, mais, à partir de différentes idées sur le "réalisme", de créer de nouvelles images, propres à surprendre dans leur organisation formelle.

Ce travail théorique sera complété par un développement plastique comprenant une exploitation picturale et vidéo de ces modèles de projection.